

Aus dem Institut für Veterinär-Physiologie  
der Universität Zürich  
(Interimistischer Direktor: Prof. Dr. C. C. Kuenzle)

---

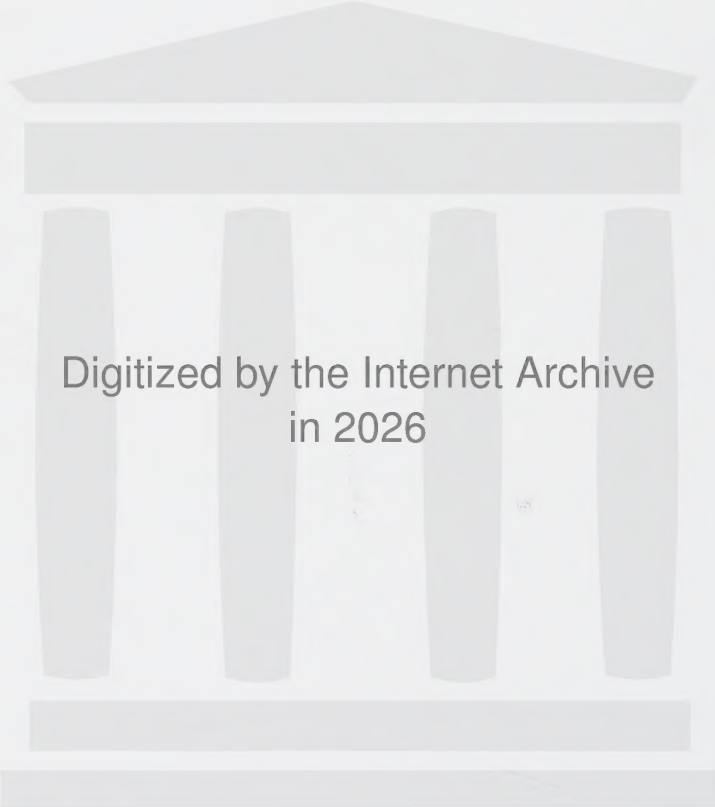
# **Abhängigkeit der EKG-Zeitparameter von der Herzschlagfrequenz und Bedeutung der Belastungs-Elektrokardiographie in der Herz-Kreislaufdiagnostik beim Pferd**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Veterinär-Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von  
**KATHARINA HEIDER**  
Tierärztin  
von Winterthur ZH und Elgg ZH

Genehmigt auf Antrag von  
Prof. Dr. C. C. Kuenzle, Referent  
Prof. Dr. E. Jenny, Korreferent

Zürich 1982



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41507223\\_0029](https://archive.org/details/IA41507223_0029)

Aus dem Institut für Veterinär-Physiologie  
der Universität Zürich  
(Interimistischer Direktor: Prof. Dr. C. C. Kuenzle)

---

# **Abhängigkeit der EKG-Zeitparameter von der Herzschlagfrequenz und Bedeutung der Belastungs-Elektrokardiographie in der Herz-Kreislaufdiagnostik beim Pferd**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Veterinär-Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von  
  
KATHARINA HEIDER  
Tierärztin  
von Winterthur ZH und Elgg ZH

Genehmigt auf Antrag von  
Prof. Dr. C. C. Kuenzle, Referent  
Prof. Dr. E. Jenny, Korreferent

ok Eiger  
  
Zürich 1982



Meinen Eltern



## INHALTSVERZEICHNIS

|        |                                                                       |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | EINLEITUNG                                                            | 7  |
| 2.     | PROBLEMSTELLUNG                                                       | 11 |
| 3.     | LITERATURUEBERSICHT                                                   | 12 |
| 3.1.   | Ruhe-Elektrokardiogramm                                               | 12 |
| 3.1.1. | Historisches                                                          | 12 |
| 3.1.2. | EKG-Ableitungen beim Pferd                                            | 12 |
| 3.1.3. | Herzschlagfrequenz                                                    | 14 |
| 3.1.4. | EKG-Zeitwerte                                                         | 15 |
| 3.1.5. | Reizbildungs- und Erregungsleitungs-<br>Störungen beim gesunden Pferd | 16 |
| 3.1.6. | Elektrokardiogramme kranker Pferde                                    | 16 |
| 3.2.   | Belastungs-Elektrokardiogramm                                         | 18 |
| 3.2.1. | Historisches                                                          | 18 |
| 3.2.2. | EKG-Ableitungen                                                       | 18 |
| 3.2.3. | Herzschlagfrequenz                                                    | 19 |
| 3.2.4. | EKG-Zeitwerte                                                         | 20 |
| 3.2.5. | Reizbildungs- und Erregungsleitungs-<br>Störungen beim gesunden Pferd | 21 |
| 3.2.6. | Elektrokardiogramme kranker Pferde                                    | 22 |
| 4.     | EIGENE UNTERSUCHUNGEN                                                 | 23 |
| 4.1.   | Versuchstiere                                                         | 23 |
| 4.2.   | Apparaturen und Aufnahmetechnik                                       | 23 |
| 4.2.1. | Ruhe-Elektrokardiogramm                                               | 23 |
| 4.2.2. | Belastungs-Elektrokardiogramm                                         | 24 |
| 4.3.   | Analyse der EKG-Kurven                                                | 25 |
| 4.3.1. | Ruhe-Elektrokardiogramm                                               | 25 |
| 4.3.2. | Belastungs-Elektrokardiogramm                                         | 25 |
| 4.4.   | Statistische Auswertungen                                             | 28 |

|          |                                                                 |     |
|----------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 5.       | ERGEBNISSE                                                      | 29  |
| 5.1.     | Gesunde Pferde                                                  | 29  |
| 5.1.1.   | Ruhe-Elektrokardiogramm                                         | 29  |
| 5.1.2.   | Belastungs-Elektrokardiogramm                                   | 32  |
| 5.1.2.1. | Herzschlagfrequenz                                              | 32  |
| 5.1.2.2. | P-Dauer in Abhängigkeit von RR                                  | 32  |
| 5.1.2.3. | PQ-Dauer in Abhängigkeit von RR                                 | 32  |
| 5.1.2.4. | QRS-Dauer in Abhängigkeit von RR                                | 33  |
| 5.1.2.5. | QT-Dauer in Abhängigkeit von RR                                 | 33  |
| 5.1.2.6. | T-Dauer in Abhängigkeit von RR                                  | 33  |
| 5.2.     | Kranke Pferde                                                   | 42  |
| 5.2.1.   | Pferde mit Herzklappenfehlern                                   | 42  |
| 5.2.2.   | Pferde mit Reizbildungs-Störungen                               | 54  |
| 5.2.3.   | Pferde mit Verdacht einer Myokard-<br>erkrankung                | 66  |
| 5.2.4.   | Pferde mit einer Lungenaffektion                                | 78  |
| 6.       | DISKUSSION                                                      | 91  |
| 6.1.     | Herzschlagfrequenz                                              | 91  |
| 6.2.     | EKG-Zeitwerte und Kurvenform                                    | 94  |
| 6.2.1.   | P-Zacke                                                         | 94  |
| 6.2.2.   | PQ-Intervall                                                    | 96  |
| 6.2.3.   | QRS-Komplex                                                     | 99  |
| 6.2.4.   | QT-Intervall                                                    | 102 |
| 6.2.5.   | T-Zacke                                                         | 107 |
| 6.3.     | Pathologische Veränderungen des<br>ST-Segmentes und der T-Zacke | 108 |
| 7.       | ZUSAMMENFASSUNG                                                 | 112 |
| 8.       | LITERATURVERZEICHNIS                                            | 115 |

## 1. EINLEITUNG

Das Herz steht im Zentrum des Blutkreislaufs und hat die Funktion einer Ventilpumpe. Es ermöglicht durch seine Tätigkeit die Aufrechterhaltung der Blutzirkulation im Gefäss-System. Diese Tatsache wurde 1628 erstmals von Harvey beobachtet und interpretiert (Keidel, 1979).

Bei jeder Erregung einer Herzmuskelfaser entstehen elektrische Potentialdifferenzen. Dabei verhält sich die Membranaussenfläche des erregten Teils der Muskelfaser im Vergleich zum nicht erregten stets elektrisch negativ. Die Erregungswelle wandert in Längsrichtung über die Muskelfaser. Die dabei auftretenden Änderungen der Membranpolarisation werden Aktionspotential genannt.

In der täglichen Praxis sind Ableitungen dieser Potentiale direkt vom Herzmuskel nicht möglich. Die das Herz umgebenden Gewebe stellen aber durch ihren Wasser- und Ionengehalt einen elektrischen Leiter 2. Klasse (Volumenleiter) dar, so dass auch von der Körperoberfläche ein gutes Bild über die elektrischen Erscheinungen des Herzens aufgezeichnet werden kann.

Das Wesen der Elektrokardiographie besteht darin, das elektrische Feld des Herzens zu untersuchen. Sie vermittelt auf einfache und schmerzlose Weise viele Informationen über die Herzaktivität (Spörri, 1975).

Die Aussagekraft des Ruhe-Elektrokardiogrammes darf aber nicht überschätzt werden, denn es widerspiegelt lediglich die Aktionspotentiale des Myokards, die durch Störungen der Herzfunktion verschiedenster Aetiologie sowie auch durch extrakardiale Faktoren alteriert sein können. Das Elektrokardiogramm ist daher als wertvolles Hilfsmittel in Ergänzung zur klinischen Untersuchung anzusehen (Csapo, 1980).

Durch jede Funktionsstörung im kardio-pulmonalen System wird die Sauerstoff-Aufnahmekapazität beeinträchtigt. Geringe Funktionsverminderungen machen sich aber erst bei Belastung bemerkbar, wenn grosse Muskelgruppen beansprucht und alle Mechanismen, die

am  $O_2$ - und  $CO_2$ -Transport beteiligt sind, vermehrt aktiviert werden. In der Herz-Kreislaufdiagnostik unterscheidet man daher zwischen einer Ruhe- und einer Belastungsinsuffizienz, je nachdem, ob sich eine Kontraktionsschwäche des Herzens bereits in Ruhe oder erst im Arbeitsversuch einstellt. Die Belastungs-Elektrokardiographie erlaubt eine Beurteilung der Arbeitsökonomie und der Leistungsreserven des Herzens (Reindell et al., 1967; Reinhard und Zichner, 1970; Klepzig, 1976; Maier, 1976).

Bei Belastung muss die Sauerstoff-Aufnahme dem erhöhten  $O_2$ -Bedarf der arbeitenden Muskulatur angepasst werden. Bei dynamischer Arbeit besteht eine lineare Abhängigkeit zwischen der Herzschlagfrequenz und der Sauerstoff-Aufnahme ( $\dot{V}O_2$ ) bzw. der Leistung oder Arbeitsintensität. Die Herzschlagfrequenz und die  $\dot{V}O_2$  stellen also ein Mass für die körperliche Beanspruchung dar. Die maximale  $O_2$ -Aufnahmekapazität ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) gilt als international anerkannte Grösse zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Die  $\dot{V}O_{2\max}$  steht in Relation zum Herzminutenvolumen und somit zu allen Faktoren, die das Schlagvolumen und die Herzschlagfrequenz beeinflussen können.

Die Messung der Ergometerleistung ist weniger genau als die der  $\dot{V}O_{2\max}$ , sie hat sich aber unter Praxisbedingungen gut bewährt. In der Humanmedizin ist die Arbeitskapazität diejenige Ergometerleistung in Watt, bei der die Herzschlagfrequenz 170 Schläge pro Minute erreicht =  $W_{170}$  (Linhart, 1975; Stuart und Ellestad, 1976; Schmidt und Thews, 1980).

Die Belastung der Pferde erfolgt auf der Longierbahn, auf dem Laufband, am Dynamometer, im Swimmingpool oder auf der Rennbahn. Am arbeitenden Pferd sind heute Messungen der Herzschlagfrequenz, der Blutdruckwerte, der Blutparameter (inkl. Blutgase und Serumenzyme), des Herzminutenvolumens, der Lungenfunktion (inkl.  $\dot{V}O_2$ ) und des Energiehaushalts möglich (Landgren und Rutqvist, 1953; Persson, 1967, 1968; Bayer, 1968, 1970; Asheim et al., 1970; Ehrlein et al., 1970; Krzywanek et al., 1970; Reinhard und Zichner, 1970; Hintz et al., 1971; Morgan et al., 1971; Sasse, 1973; Bergsten, 1974; Hörnigke et al., 1974, 1977; Husch, 1974; Hall et al., 1976; Maier, 1976; Engelhardt, 1977, 1979;

Littlejohn et al., 1977; Milne et al., 1977; Bon, 1978; Burke und Albert, 1978; Bayly et al., 1979; Mestries und Courtot, 1979; Stanek et al., 1979; Thomas et al., 1979, 1980; Waugh et al., 1980; Barr et al., 1981; Thomas und Fregin, 1981).

Der Versuch, Pferde über ihre Arbeitspulsfrequenz miteinander zu vergleichen, scheitert meistens an einer exakten Arbeitsmessung. Es wurden Testverfahren gesucht, die nicht an aufwendige Apparaturen gebunden, sondern für die Routine-Diagnostik einfach durchzuführen sind. Dabei hat sich die Laufgeschwindigkeit beim Pferd als geeigneter Parameter für die geleistete Arbeit erwiesen, stehen doch die Herzschlagfrequenz und die Laufgeschwindigkeit in linearer Abhängigkeit zueinander (Persson, 1967; Ehrlein et al., 1970; Reinhard und Zichner, 1970; Lindholm und Saltin, 1974; Hall et al., 1976; Littlejohn und Morgan, 1976; Maier, 1976; Hörnigke et al., 1977; Littlejohn et al., 1977; Bon, 1978; Engelhardt, 1977, 1979).

Messungen der maximalen Sauerstoff-Aufnahmekapazität des Pferdes können nur bei maximalen Belastungen auf der Rennbahn oder bei Schwimmtests erfolgen. Die  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  wird bei schwerer Arbeit um das 35- bis 50-fache gesteigert und erreicht Werte von 50 bis 64 Liter/Minute (Karlsen und Nadaljak, 1964; Engelhardt, 1977; Thomas et al., 1980; Thomas und Fregin, 1981).

Die Leistung der Pferde wird nur von Mestries und Courtot (1979) in kpm/sec angegeben. Sie beträgt auf der Longierbahn bei einer Laufgeschwindigkeit von 350 Meter pro Minute 3498 kpm/sec oder 34'315 Watt = 5,7 Kilowatt pro 100 kg Körpergewicht. Sind die Laufgeschwindigkeiten bekannt, so kann die mittlere Leistung der Pferde berechnet werden:

- im Schritt ca. 2 kW/100 kg
- im Trab ca. 4 kW/100 kg
- im Galopp ca. 8 kW/100 kg
- im Renntrab 18 kW/100 kg

Kurzzeitig vermag ein Rennpferd eine maximale Laufgeschwindigkeit von 72 km/Stunde = 1200 m/min zu entwickeln und somit eine maximale Rennleistung von 19,6 kW/100 kg zu erbringen.

Neben der weitverbreiteten Kontrolle der Herzschlagfrequenz bei steigenden Laufgeschwindigkeiten werden noch weitere Parameter zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit beim Pferd empfohlen:

- $V_{150}$  = Arbeitskapazität auf dem Laufband = Laufgeschwindigkeit, bei der die Herzschlagfrequenz 150 Schläge/Minute beträgt (Persson, 1967).
- Arbeitsspulssumme pro zurückgelegte Laufstrecke  
= Herzschläge/Meter (Bayer, 1970).
- Vom arbeitenden Pferd auf dem Laufband entwickelte kinetische Energie als Ausdruck seiner Leistung. Es besteht eine lineare Abhängigkeit zwischen der Herzschlagfrequenz und der kinetischen Energie  
=  $\frac{\text{Joule}}{\text{kg}}$ /Herzschlag (Littlejohn et al., 1977).

Die Untersuchungen in unserem Institut sollen mit möglichst einfach zu bedienenden Messapparaturen und in kurzer Zeit durchführbar sein. Auf der uns zur Verfügung stehenden Longierbahn und bei den grossen individuellen Unterschieden bezüglich Alter, Kondition und Gesundheitszustand der eingewiesenen Pferde ist eine genau definierte Leistung bzw. konstante Laufgeschwindigkeit nicht möglich. Mit dem institutsspezifischen Belastungs-Test lässt es sich also nicht vermeiden, dass abnorme Herzschlagfrequenzen möglicherweise nicht immer erfasst werden, da kranke Tiere oftmals eine langsamere Laufgeschwindigkeit vorlegen oder geschont werden müssen. Die Belastungs-Probe ist aber dank mobiler Messapparaturen überall dort durchführbar, wo eine Longierbahn zur Verfügung steht, so dass die Untersuchungen auch ausserhalb des Tierspitals möglich sind.

Die Belastungs-Elektrokardiographie hat somit ihren festen Platz gefunden und ist aus der klinisch-kardiologischen Diagnostik nicht mehr wegzudenken.

## 2. PROBLEMSTELLUNG

Die Aufnahme von Belastungs-Elektrokardiogrammen ist in der Humanmedizin schon lange zur Routine geworden. Die Herzstromkurven werden vor allem bezüglich Herzschlagfrequenz, Reizbildungs- und Erregungsleitungs-Störungen sowie ST-Verlagerungen vom ischämischen Typ untersucht.

Beim Pferd wurden bisher hauptsächlich die Herzschlagfrequenz, der Herzrhythmus und in der Erholungsphase die Dauer der elektrischen Systole analysiert. Dieser Arbeit liegen deshalb folgende Aufgaben zugrunde:

- a) Umfassende, manuelle Auswertung der Ruhe- und Belastungs-Elektrokardiogramme gesunder Pferde.
  - Bestimmung der Normalwerte für die Herzschlagfrequenz in Ruhe, bei Belastung und in der anschliessenden Erholungsphase.
  - Bestimmung der Abhängigkeiten der EKG-Zeitparameter (P, PQ, QRS, QT, T) von der Dauer der Herzperiode (RR) und Vergleich dieser Regressionskurven mit entsprechenden, aber elektronisch ermittelten Resultaten anderer Autoren.
- b) Anwendung der ausgearbeiteten Normalwerte für die Herzschlagfrequenz und die EKG-Zeitparameter bei kranken Tieren.
  - Einteilung der Patienten in verschiedene Krankheitsgruppen.
  - Vergleich der Normalwerte mit Messdaten aus den Ruhe- und Belastungs-Elektrokardiogrammen kranker Tiere.
- c) Abgrenzung der diagnostischen Möglichkeiten und Beantwortung der Frage: "Welche Bedeutung hat die Belastungs-Elektrokardiographie in der Herz-Kreislaufdiagnostik beim Pferd?"

### 3. LITERATURUEBERSICHT

#### 3.1. RUHE-ELEKTROKARDIOGRAMM

##### 3.1.1. HISTORISCHES

Im Jahre 1838 stellte der Italiener Matteucci erstmals an Taubenherzen fest, dass bei der Herzaktion ein elektrischer Strom entsteht.

Der französische Physiologe Marey hat 1876 die elektrischen Vorgänge am Tierherzen zum ersten Mal kurvenmässig dargestellt. Das erste EKG eines Menschen wurde 1887 vom Londoner Physiologen Waller aufgenommen.

Der niederländische Physiologe Einthoven hat 1903 den ersten, für die Bedürfnisse der Elektrokardiographie genügenden Apparat in der Humanmedizin eingeführt und somit der klinischen Elektrokardiographie den Weg geöffnet. Dafür wurde ihm 1924 der Nobelpreis in Physiologie und Medizin verliehen (Hoogerwerf, 1955; Künzle, 1957).

Das erste, in Einthoven's Laboratorium registrierte EKG eines Pferdes wurde 1910 von Tschermak im Physiologie-Lehrbuch Ellenberger-Scheunert veröffentlicht.

Die klinische Elektrokardiographie beim Pferd hat aber erst durch Nörr (1913) Bedeutung erhalten.

##### 3.1.2. EKG-ABLEITUNGEN BEIM PFERD

Standard- oder Extremitäten-Ableitungen nach Einthoven:

Diese Ableitungen sind von Dukes und Batt (1941), Steel (1949), Lannek und Rutqvist (1951), Nakamura et al. (1955), Brooijmans (1957), Künzle (1957), Glazier und Dukes (1963) sowie von Holmes und Alps (1967) überprüft und zur Anwendung beim Pferd empfohlen worden.

Ableitung I : Potentialdifferenz zwischen rechter und linker Vorderextremität

Ableitung II : Potentialdifferenz zwischen rechtem Vorderbein und linkem Hinterbein

Ableitung III: Potentialdifferenz zwischen linker Vorder- und linker Hinterextremität

#### Unipolare Extremitäten-Ableitungen nach Goldberger:

Je zwei Extremitäten-Elektroden werden miteinander zu einer Sammelelektrode verbunden. Die Ableitung erfolgt dann von einer Extremitäten- und von einer Sammelelektrode (Goldberger, 1942).

Ableitung aVR: Potentialdifferenz zwischen rechtem Vorderbein und der Sammelelektrode des linken Vorder- und linken Hinterbeines

Ableitung aVL: Potentialdifferenz zwischen linker Vorderextremität und der Sammelelektrode der rechten Vorder- und linken Hinterextremität

Ableitung aVF: Potentialdifferenz zwischen linkem Hinterbein und der Sammelelektrode des rechten und linken Vorderbeines

#### Unipolare Brustwand-Ableitungen nach Wilson:

Nach dem Vorschlag von Wilson (1934) werden die Extremitäten-Elektroden unter Zwischenschaltung von Widerständen mit je 5000 Ohm zu einer Sammelelektrode zusammengeschlossen (Nullpunktelektrode, indifferente Elektrode, "central terminal"). Die differente Elektrode wird auf der Brustwand angelegt.

Lannek und Rutqvist (1951) sowie van Zijl (1951) haben erstmals bei einer grösseren Anzahl Pferde unipolare Brustwand-Ableitungen angewendet und so in die Veterinärmedizin eingeführt.

Brooijmans (1957) hat 14 verschiedene Wilson-Ableitungen für das Pferd vorgeschlagen, wobei er die Ableitungsstellen der rechten Brustwand mit einer negativen Indexzahl versah.

Ableitung  $V_{-2}$ : Differente Elektrode über dem 5. Interkostalraum rechts auf einer Horizontalen durch den dorsalen Rand des Oelektranon

Ableitung  $V_2$  : Differente Elektrode symmetrisch zu  $V_{-2}$  links über der Herzspitzengegend

Ableitung  $V_{10}$ : Differente Elektrode in der Medianen am kaudalen Ende des Widerrists

# Bipolare Brustwand-Ableitungen nach Nehb-Spörri:

Die heute gebräuchlichen bipolaren Brustwand-Ableitungen wurden in Anlehnung an die Nehb-Ableitungen beim Menschen für das Tier modifiziert (Spörri, 1944).

Ableitung D: Potentialdifferenz zwischen kaudalem Widerristrand und dem Nackenwinkel der rechten Scapula

Ableitung A: Potentialdifferenz zwischen dem Nackenwinkel der rechten Scapula und der Herzspitzengegend

Ableitung J: Potentialdifferenz zwischen kaudalem Widerristrand und der Herzspitzengegend

## 3.1.3. HERZSCHLAGFREQUENZ

Tabelle 1: Aus der mir zugänglichen Literatur entnommene Werte.  
WB = Warmblut VB = Vollblut KB = Kaltblut

| Autor             | Jahr | Herzschlagfrequenz<br>(min <sup>-1</sup> ) | Pferderasse  | Methodik     |
|-------------------|------|--------------------------------------------|--------------|--------------|
| Nörr              | 1913 | 36                                         | WB           | EKG          |
| Schlimpert        | 1940 | 30-58 (41,3)                               | WB           | EKG          |
| Obel              | 1942 | 37-40                                      | WB           | EKG          |
| Stesl             | 1949 | 32-70 (54)                                 | WB           | EKG          |
| Lannek & Rutqvist | 1951 | 28-86 (43,6±10,6)                          | KB           | EKG          |
|                   |      | 24-70 (42,6± 9,2)                          | WB           | EKG          |
| Detweiler         | 1952 | 35±5                                       | WB           | EKG          |
| Spörri            | 1954 | 36                                         | KB           | EKG          |
|                   |      | 38                                         | WB           | EKG          |
|                   |      | 34                                         | VB           | EKG          |
| Corticelli        | 1955 | 27-60 (41)                                 | WB           | EKG          |
| Künzle            | 1957 | 38±5,6                                     | KB           | EKG          |
|                   |      | 37±5,2                                     | WB           | EKG          |
|                   |      | 35±3,4                                     | VB           | EKG          |
| Kraft & Weppler   | 1958 | 26-110 (47)                                | WB           | EKG          |
|                   |      | 31- 71 (45)                                | VB           | EKG          |
| Glazier & Dukes   | 1963 | 28-60 (34,0)                               | WB-Hengste   | EKG          |
|                   |      | 38,1                                       | WB-Stuten    | EKG          |
|                   |      | 41,4                                       | WB-Wallache  | EKG          |
| Steel             | 1963 | 35,9±5,8                                   | VB (alle)    | EKG          |
|                   |      | 35,0±5,5                                   | Hengst/Wall. | EKG          |
|                   |      | 38,2±6,0                                   | Stuten/Fohl. | EKG          |
| Eberly et al.     | 1964 | 34-57 (43±12)                              | VB           | EKG          |
| Eberly et al.     | 1966 | 33-57 (43,8±1,4)                           | WB           | EKG          |
| Ott               | 1966 | 33,3                                       | WB           | Telemetrie   |
| Bayer             | 1966 | 30                                         | WB           | Telemetrie   |
| Bassan & Ott      | 1968 | 30-50 (34,9-41,1)                          | WB           | Telemetrie   |
| Bayer             | 1968 | 38,7±4,9                                   | Traber       | Telemetrie   |
| Wittke & Bayer    | 1968 | 36,9±4,0 - 44,1±5,8                        | WB           | Telemetrie   |
| Marsland          | 1968 | 27-39 (34,3±0,9)                           | Traber       | Telemetrie   |
| Ehrlein et al.    | 1970 | 32,4±2,4                                   | WB-Hengste   | Telemetrie   |
| Asheim et al.     | 1970 | 30-40 (35)                                 | Traber       | Telemetrie   |
| Limmer            | 1970 | 33,2±3,0                                   | Traber       | Telemetrie   |
| Hamlin et al.     | 1972 | 34,3±3,4                                   | WB           | EKG          |
| Bergsten          | 1974 | 26-65 (42,1±8)                             | WB           | EKG          |
| Lutz et al.       | 1976 | 34,5±2,7                                   | VB-Stuten    | Auskultation |
|                   |      | 33,0±2,3                                   | VB-Hengste   | nach Ange-   |
|                   |      |                                            |              | wöhnung      |
| Hall et al.       | 1976 | 31,7±9,9                                   | VB           | EKG          |
| Baumgärtel        | 1979 | 33,5±4,3                                   | Traber       | EKG          |
| Rose et al.       | 1979 | 32,9±5,0 - 35,2±4,3                        | WB           | EKG          |
| Beglinger et al.  | 1980 | 24-52 (37,8±7,1)                           | WB           | EKG          |
| Thomas et al.     | 1980 | 32±2                                       | WB und VB    | Telemetrie   |
| Thomas et al.     | 1981 | 42±3                                       | WB und VB    | Druckkurven  |
|                   |      | 38±3                                       | WB und VB    | Telemetrie   |



### 3.1.5. REIZBILDUNGS- UND ERREGUNGSLEITUNGS-STÖRUNGEN BEIM GESUNDEN PFERD

Störungen der Reizbildung (RB) bestehen, wenn die Kontraktionsimpulse bezüglich ihrer örtlichen Entstehung oder ihrer zeitlichen Folge abnorm sind. Störungen der Erregungsleitung (EL) liegen vor, wenn die Impulse verzögert oder gar nicht weitergeleitet werden (Spörri und Stünzi, 1969).

#### Reizbildungs-Störungen:

Sinusbradykardie, Sinustachykardie, Sinusarrhythmie und ein wandernder Schrittmacher sind relativ häufig (Brooijmans, 1957; Spörri und Stünzi, 1969; Hamlin et al., 1970; Deegen, 1974, 1976).

Atriale und ventrikuläre Extrasystolen, Pararrhythmien sowie paroxysmales Vorhofflimmern wurden in einigen seltenen Fällen beim gesunden Pferd beobachtet (Nörr, 1924; Brooijmans, 1957; Too, 1960; Holmes und Alps, 1966; Senta et al., 1970; Amada und Kurita, 1975; Deegen, 1976).

#### Erregungsleitungs-Störungen:

Atrioventrikular-Blöcke 1. und 2. Grades treten in Ruhe bei 16-18% der Pferde auf (Nörr, 1913; Obel, 1942; Lannek und Rutqvist, 1951; Spörri, 1952; Brooijmans, 1957; Bohn, 1967; Limmer, 1970; Lutz et al., 1976; Deegen, 1981).

### 3.1.6. ELEKTROKARDIOGRAMME KRANKER PFERDE

Vorhofflimmern war die erste Störung der Herztätigkeit, die beim Pferd beobachtet wurde. Seither befassten sich viele Autoren mit den Problemen dieser RB-Störung (Lewis, 1911/12; Dukes und Batt, 1941; Corticelli, 1950; Detweiler, 1952; Brooijmans, 1957; Zerobin und Leemann, 1965; Irvine, 1966; Holmes et al., 1969; Deegen, 1971, 1976, 1981; Else, 1971; Littlejohn et al., 1973; Amada und Kurita, 1975; Maier, 1976; Hall et al., 1976; Kroneman, 1980).

Insuffizienzen der Herzklappen können zu Veränderungen der P-Zacke führen (Nörr, 1920; Deegen, 1972).

Vorhof-Extrasystolen sind meistens Zeichen einer Erkrankung (Nörr, 1924; Brooijmans, 1957; Holmes und Alps, 1966; Deegen, 1976; Glazier et al., 1979).

Formveränderungen des Elektroventrikulogrammes können als Folge von Klappeninsuffizienzen oder Lungenaffektionen auftreten (Nörr, 1920; Spörri, 1949; White und Rhode, 1974; Grauerholz, 1979; Deegen, 1980).

Ventrikuläre Extrasystolen stehen in der Regel mit kardialen oder extrakardialen Organerkrankungen in Zusammenhang (Nörr, 1924; Brooijmans, 1957; Glazier und Nicholson, 1959; Glazier et al., 1979; Detweiler und Patterson, 1972; Deegen, 1974, 1976).

Bei häufigem Auftreten von paroxysmalen ventrikulären Tachykardien besteht der Verdacht einer Herzerkrankung (Nörr, 1924, 1931; Brooijmans, 1957; Too, 1960; Senta et al., 1971; Detweiler und Patterson, 1972; Deegen, 1974, 1976, 1981).

Abnorme Kammerendschwankungen können durch unterschiedliche Krankheiten verursacht sein (Spörri, 1949; Brooijmans, 1957; Steel, 1963; Irvine, 1966; Grauerholz, 1979; Lescure, 1980).

Das Wolff-Parkinson-White-Syndrom wird beim Pferd nur selten beobachtet und die Ursache ist noch unbekannt (Landgren und Rutqvist, 1953; Brooijmans, 1957; Cooper, 1962; Deegen, 1976).

Pathologische Av-Blöcke 1. und 2. Grades bleiben auch bei erhöhten Herzschlagfrequenzen bestehen (Nörr, 1924, 1931; Corticelli, 1950; Spörri, 1952; Brooijmans, 1957; Steel, 1963; Deegen, 1981).

Av-Blöcke 3. Grades sind normalerweise Ausdruck einer Herzaffektion (Brooijmans, 1957; Spörri und Stünzi, 1969; Deegen, 1981).

Eine verlängerte QT-Dauer oder Dissoziation von elektrischer und mechanischer Systole werden verschiedenen Krankheiten zugeschrieben (Hegglin, 1937; Spörri, 1946, 1954; Deegen, 1972; Glazier et al., 1979).

Abnorme Verlagerungen der ST-Segmente können Zeichen kardialer oder extrakardialer Organstörungen sein (Spörri, 1949; Steel, 1963; White und Rhode, 1974; Glazier et al., 1979).

### 3.2. BELASTUNGS-ELEKTROKARDIOGRAMM

#### 3.2.1. HISTORISCHES

In der Humanmedizin wurde die Belastungs-Elektrokardiographie von Goldhammer und Scherf (1932) und Dietrich und Schwiegk (1933) eingeführt.

Eine wirklichkeitsgetreue Wiedergabe von Organfunktionen ist aber nur dann möglich, wenn der natürliche Ablauf des zu untersuchenden Vorganges sowie die Bewegungsfreiheit des Probanden nicht gestört werden. Diese Bedingungen können mittels Telemetrie erfüllt werden. Dabei handelt es sich um eine Uebertragung von Messwerten vom Ursprungsort auf entfernt stehende Registriergeräte (Bassan, 1966; Schäcke, 1978).

Bis 1958 war die drahtgebundene Telemetrie das Mittel der Wahl. In diesem Jahr brachten Frucht und Otto eine radiotelemetrische Anlage auf den Markt, mit der eine drahtlose Uebertragung biologischer Messgrößen ermöglicht wurde. Diese Anlage kam 1964 zum ersten Mal beim Sportpferd zur Anwendung (Bassan und Ott, 1968).

#### 3.2.2. EKG-ABLEITUNGEN

Die Lokalisation der Elektroden für das Belastungs-EKG beim Pferd wird von den verschiedenen Autoren recht unterschiedlich gewählt:

- Regio xiphoidea / Stirnmitte (Bayer, 1966; Reinhard und Zichner, 1970; Ehrlein et al., 1970; Deegen, 1974)
- Regio xiphoidea / linke Nackenseite in dorsaler Verlängerung der Spina scapulae (Holmes und Alps, 1966; Ott, 1966; Ehrlein et al., 1970; Senta et al., 1970; Bayer, 1970; Hill et al., 1977)
- Regio xiphoidea / über Os nasale (Beglinger et al., 1980)

- Mitte Sternum / rechts vom Spinalfortsatz des 5. Brustwirbels (Fregin, 1967; Bayer, 1968)
- Manubrium sterni / mediale Seite des linken Radius (Banister und Purvis, 1968; Asheim et al., 1970)
- 9. Interkostalraum links auf Höhe Olekranon / 14. IKR rechts auf Höhe Sitzbeinhöcker (Bassan und Ott, 1968)
- linkes Vorderbein / 8. IKR rechts (Marsland, 1968)
- Widerrist / linke Brustseite (Krzywanek et al., 1970)
- Regio xiphoidea / Mitte linker Brustwand (Bon, 1978)

Die Kurvenform ist in den meisten dieser Ableitungen ähnlich wie die bipolare Brustwand-Ableitung A nach Nehb-Spörri.

### 3.2.3. HERZSCHLAGFREQUENZ

Tabelle 3: Maximal erreichte Herzschlagfrequenzen bei Belastung.

| Autor                | Jahr | HF <sub>max</sub> (min <sup>-1</sup> ) | Art der Belastung |
|----------------------|------|----------------------------------------|-------------------|
| Ott                  | 1966 | 200                                    | Galopp            |
| Bayer                | 1966 | 168                                    | Galopp            |
| Nomura               | 1966 | 240                                    | Renngalopp        |
| Marsland             | 1968 | 250                                    | Rennt Trab        |
| Bassan und Ott       | 1968 | 180                                    | Galopp            |
| Bayer                | 1968 | 240                                    | Renngalopp        |
| Wittke und Bayer     | 1968 | 230                                    | Renngalopp        |
| Reinhard und Zichner | 1970 | 186                                    | Galopp            |
| Krzywanek et al.     | 1970 | 241                                    | Rennt Trab        |
| Asheim et al.        | 1970 | 238                                    | Rennt Trab        |
| Bergsten             | 1974 | 176                                    | Trab              |
| Lindholm und Saltin  | 1974 | 240                                    | Rennt Trab        |
| Hall et al.          | 1976 | 220                                    | Rennt Trab        |
| Hörnigke et al.      | 1977 | 207                                    | Rennt Trab        |
| Milne et al.         | 1977 | 229                                    | Rennt Trab        |
| Bon                  | 1978 | 230                                    | Rennt Trab        |
| Thomas et al.        | 1980 | 206                                    | Schwimmen         |

### Herzschlagfrequenz in Abhängigkeit von der Laufgeschwindigkeit:

- Reinhard und Zichner (1970) : lineare Abhängigkeit ( $HF=a+b \cdot v$ )  
 $HF = 58,1 + 21,9 \cdot v$
- Ehrlein et al. (1970) : lineare Abhängigkeit für  $v=100-650$  m/min
- Lindholm und Saltin (1974) : lineare Abhängigkeit für  $v=200-750$  m/min
- Hall et al. (1976) : lineare Abhängigkeit für  $v=400-800$  m/min  
 $HF = 52,3 + 0,1852 \cdot v$
- Maier (1976) : lineare Abhängigkeit, wobei durch Training der Korrelationskoeffizient  $a$  kleiner wird.
- Littlejohn und Morgan (1976)  
 und Littlejohn et al. (1977): lineare Abhängigkeit bis  $v=750$  m/min, bei grösseren Laufgeschwindigkeiten wird die Kurve asymptotisch.
- Hörnigke et al. (1977). : lineare Abhängigkeit  
 $HF = 74,2 + 0,2024 \cdot v$
- Bon (1978) : lineare Abhängigkeit, wobei durch Training der Korrelationskoeffizient  $a$  kleiner wird.

### 3.2.4. EKG-ZEITWERTE

#### Abhängigkeit der P-Dauer von der Herzschlagfrequenz:

- Reinhard und Zichner (1970) :  $P = 160 - 0,574 \cdot HF$  ( $\text{sec} \cdot 10^{-3}$ )  
 für eine HF von 30-175/min
- Grauerholz (1979) :  $P = 99 + 0,027 \cdot RR + 25$  ( $\text{sec} \cdot 10^{-3}$ )  
 für eine HF von 30-60/min

#### Abhängigkeit der PQ-Dauer von der Herzschlagfrequenz:

- Brooijmans (1957) :  $PQ = 48,72 - (0,49 \cdot HF) + 2 \cdot 2,395$  ( $\text{sec} \cdot 10^{-2}$ )  
 für eine HF von 25-50/min
- Grauwiler (1965) :  $PQ = 0,06 + 0,158 \cdot RR + 0,07$  (sec)  
 für eine HF von 26-76/min
- Holmes und Alps (1966) :  $PQ = 5,682 \cdot 1/HF + 0,15$  (sec)
- Reinhard und Zichner (1970) :  $PQ = 392 - 1,764 \cdot HF + 2 \cdot 32,8$  ( $\text{sec} \cdot 10^{-3}$ )  
 für eine HF von 30-175/min
- Tschudi (1978) :  $PQ = - 0,48 \cdot HF + 52 + 10$  ( $\text{sec} \cdot 10^{-2}$ )  
 für eine HF von 25-60/min
- Grauerholz (1979) :  $PQ = 112 + 0,125 \cdot RR + 80$  ( $\text{sec} \cdot 10^{-3}$ )  
 für eine HF von 30-60/min
- Grauerholz (1980) :  $PQ = 171 + 0,089 \cdot RR$  ( $\text{sec} \cdot 10^{-3}$ )  
 für eine HF von 35-50/min

Abhängigkeit der QRS-Dauer von der Herzschlagfrequenz:

Reinhard und Zichner (1970) :  $QRS = 117 - 0,259 \cdot HF$  (sec  $\cdot 10^{-3}$ )  
für eine HF von 30-175/min  
 $QRS = 104 - 11,7 \cdot \sqrt{V}$  (sec  $\cdot 10^{-3}$ )

Abhängigkeit der QT-Dauer von der Herzschlagfrequenz:

Lannek und Rutqvist (1951) :  $QT = 62,41 - (0,35 \cdot HF) + 2 \cdot 3,43$  (sec  $\cdot 10^{-2}$ )  
für eine HF von 25-60/min  
Corticelli (1955) :  $QT = 0,36 \cdot \sqrt{RR} + 0,07$  (sec)  
für eine HF von 27-60/min  
Holmes und Alps (1966) :  $QT = 9,454 \cdot 1/HF + 0,285 \pm 0,0659$  (sec)  
Baron et al. (1970) :  $QT \text{ corrigée} = QT_c = QT \sqrt{RR} \approx 0,39$  (sec)  
Reinhard und Zichner (1970) :  $QT = 618 - 2,680 \cdot HF + 2 \cdot 37,9$  (sec  $\cdot 10^{-3}$ )  
für eine HF von 30-175/min  
Tschudi (1978) :  $QT = 2,4 \cdot \sqrt{RR} + 24 + 6,8$  (sec  $\cdot 10^{-2}$ )  
für eine HF von 25-60/min  
Beglinger et al. (1980) :  $QT = 383 + 0,095 \cdot RR + 60$  (sec  $\cdot 10^{-3}$ )  
für eine HF von 28-54/min

3.2.5. REIZBILDUNGS- UND ERREGUNGSLEITUNGS-STÖRUNGEN  
BEIM GESUNDEN PFERD

Durch starke Belastung unter dem Reiter können Extrasystolen auch bei gesunden Pferden ausgelöst werden (Holmes und Alps, 1966; Senta et al., 1970).

Paroxysmales Vorhofflimmern ist bei gesunden jungen Rennpferden nach Belastung nachgewiesen worden (Amada und Kurita, 1975).

Das beim Pferd seltene Wolff-Parkinson-White-Syndrom trat bei einem gesunden Kaltblüter nach schwerer Arbeit auf (Landgren und Rutqvist, 1953).

### 3.2.6. ELEKTROKARDIOGRAMME KRANKER PFERDE

Herzklappenfehler, Vorhofflimmern, akute Myokardaffektionen, paroxysmale Tachykardien, Kehlkopfpeifen und Lungenemphyseme können zu Belastungsinsuffizienzen führen (Zeller, 1960; Holmes und Alps, 1966; Holmes et al., 1969; Deegen, 1971, 1976, 1981; Maier, 1976; Steel et al., 1976; Hall et al., 1976).

Durch Belastung provozierte Extrasystolen, paroxysmale Tachykardien und Pararrhythmien stehen häufig mit Herzklappenfehlern und Myokardaffektionen in Zusammenhang (Senta et al., 1970; Amada und Kaneko, 1970; Deegen, 1974, 1976, 1981).

Abnorm verlagerte ST-Segmente und Veränderungen der T-Zacke können durch Belastung entstehen (Landgren und Rutqvist, 1953; Brooijmans, 1957; Zeller, 1960; Steel, 1963; Rose et al., 1980).

## 4. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

### 4.1. VERSUCHSTIERE

Für die Untersuchungen standen uns von Kliniken des Tierspitals oder aus der Privatpraxis eingelieferte Pferde zur Verfügung. 26 Warmblutpferde, es handelte sich dabei vorwiegend um Ankaufs-Untersuchungen oder Abklärungen für die Versicherung, zeigten anlässlich der Herz-Kreislaufuntersuchung keine abnormen Befunde. Die Resultate ihrer Ruhe- und Belastungs-Elektrokardiogramme wurden somit zur Ausarbeitung der Normalkurven herangezogen.

57 der unserem Institut zugeführten Pferde wiesen ein eindeutiges Herzleiden auf oder waren einer Herzaffektion verdächtig. Alle Ruhe- und Belastungs-Elektrokardiogramme dieser Tiere wurden genau analysiert und die Patienten vier verschiedenen Krankheitsgruppen zugeordnet. Zur Illustrierung der diagnostischen Möglichkeiten wurden 26 Beispiele ausgewählt. Die Auswahl der Tiere erfolgte proportional zum Patientengut unseres Institutes:

- 10 Pferde mit Herzklappenfehlern
- 6 Pferde mit Reizbildungs-Störungen
- 6 Pferde mit Verdacht auf eine Myokarderkrankung
- 4 Pferde mit einer Lungenerkrankung

### 4.2. APPARATUREN UND AUFNAHMETECHNIK

#### 4.2.1. RUHE-ELEKTROKARDIOGRAMM

Zur Aufzeichnung der Elektrokardiogramme am stehenden Tier verwendeten wir ein Zwölfkanal-Registriergerät <sup>1)</sup>, das nach dem Prinzip des Flüssigkeitsstrahl-Schreibers arbeitet.

---

1) MINGOGRAF 1600 der Firma Elema-Schönander, Stockholm, Schweden

Um ein möglichst umfassendes Bild der Herztätigkeit zu erreichen, kamen folgende 12 EKG-Ableitungen zum Einsatz:

Extremitäten-Ableitungen I, II, III,

Goldberger-Ableitungen aVR, aVL, aVF,

Wilson-Ableitungen  $V_{-2}$ ,  $V_2$ ,  $V_{10}$ ,

bipolare Brustwand-Ableitungen D, A, J.

Die Herzstromkurven wurden drahtgebunden mittels Silberplättchen-Elektroden von der Hautoberfläche abgeleitet.

Synchron mit den Elektrokardiogrammen registrierten wir auch mehrere Phonokardiogramme. Zur genauen Lokalisation von Herzgeräuschen haben wir das Mikrophon <sup>1)</sup> mit einem um den Thorax angelegten Gummiband befestigt und durch Verschieben die Puncta maxima der Mitral-, Aorten-, Pulmonal- und Trikuspidalklappen überprüft.

Die Verdachtsdiagnose "Klappenfehler" konnte meistens durch Katheterisierung des rechten Herzens abgesichert werden. Ein Swan-Ganz-Katheter <sup>2)</sup> diente dabei zur Messung des Lungenkapillardruckes (wedge pressure) sowie der Druckwerte im Truncus pulmonalis, im rechten Ventrikel, im rechten Vorhof und in den Hohlvenen.

Zusätzlich wurden, vor allem bei Verdacht einer Insuffizienz der Aortenklappe, Pulskurven <sup>3)</sup> aufgezeichnet und der systolische Blutdruck indirekt bestimmt <sup>4)</sup>.

#### 4.2.2. BELASTUNGS-ELEKTROKARDIOGRAMM

Die Belastungs-Probe erfolgte auf dem Sandboden der Longierbahn. Die Pferde mussten dabei 10 Minuten traben und 10 Minuten galoppieren. Nach Beendigung dieser 20-minütigen Arbeit wurden die Tiere über weitere 30 Minuten in der Boxe beobachtet. Sowohl während der Belastung als auch während der Erholungsphase wurde mittels Radiotelemetrie fortlaufend ein EKG registriert.

---

1) EMT 25 C, Siemens Elema AB, Schweden

2) Pulmoball Code 1153.07, Vertrieb: MS Cardio-Medical AG, Arth

3) Pulsfühler nach Boucke-Brecht

4) Ultraschall-Doppler-Methode mit Arteriosonde<sup>R</sup> Roche, Model 1011, Vertrieb: Kontron-Medical AG, Zürich

Die Telemetrieanlage <sup>1)</sup> besteht aus einem Sender und einem Empfänger. Der mit Batterien betriebene Sender wird in der Seitentasche eines Gurttes am Pferd befestigt. Das von einer Nasen- und einer Unterbrust-Elektrode abgeleitete EKG wird auf das netzabhängige Empfangsgerät übertragen und von diesem einem Schreiber <sup>2)</sup> zugeleitet (Abbildungen 1 und 2).

#### 4.3. ANALYSE DER EKG-KURVEN

##### 4.3.1. RUHE-ELEKTROKARDIOGRAMM

Die Ruhe-Herzschlagfrequenz wurde ausgezählt oder bei regelmäßigem Sinusrhythmus aus dem Durchschnitt von drei Herzperioden (RR = Kammerperiode) ermittelt.

Folgende EKG-Abschnitte wurden ausgemessen und ihre Dauer in Millisekunden ( $\text{sec} \cdot 10^{-3}$ ) angegeben:

P-Zacke, PQ-Intervall, QRS-Komplex, QT-Intervall und T-Zacke (Abbildung 3).

##### 4.3.2. BELASTUNGS-ELEKTROKARDIOGRAMM

Um eine Verlaufskurve der Herzschlagfrequenz gesunder Pferde erstellen zu können, ermittelten wir diesen Parameter für jede Minute der gesamten Belastungs-Probe.

Die Ausmessung der einzelnen EKG-Abschnitte erfolgte ebenfalls für jede Minute des Belastungs-Tests. Aus den Resultaten konnten die Abhängigkeiten der EKG-Zeitparameter von der Herzschlagfrequenz dargestellt werden.

Aus technischen Gründen (Störungen durch starke Kopfbewegungen der Pferde, Wechselstrom bei nassem Sandboden, Störungen der Senderfunktion usw.: Abbildung 4) waren wir zeitweise gezwungen, die übliche Eichung von 1 mV = 1 cm zu verändern oder mit Filter zu registrieren. Die Grösse der Amplituden wurde daher nicht berücksichtigt.

---

1) Gemtel <sup>R</sup>, Vertrieb: Glonner-Electronic AG, Würenlingen

2) FUKUDA FD-32, Vertrieb: Glonner.Electronic AG, Würenlingen

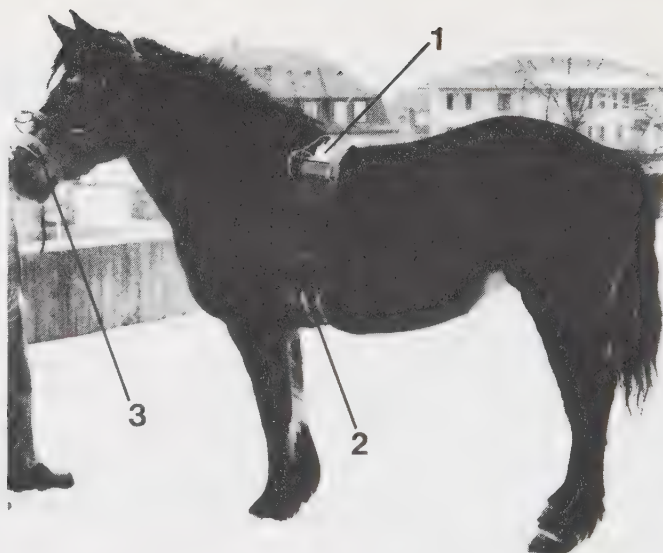


Abbildung 1

Ausrüstung des Pferdes für die Radiotelemetrie.

- 1 = Sender in der Seitentasche des Gurtes
- 2 = Bauchelektrode in der Regio xiphoidea
- 3 = Nasenelektrode über dem Os nasale

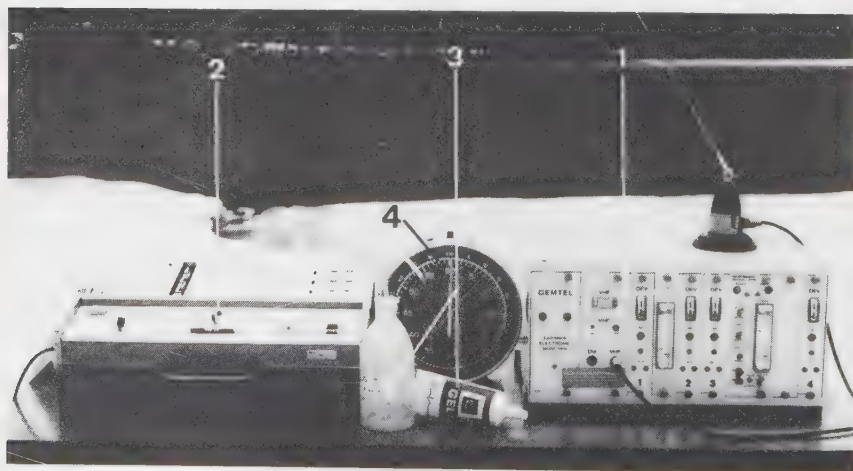


Abbildung 2

Apparaturen und Zubehör.

- 1 = Netzbabhängiges Empfangsgerät
- 2 = Netzbabhängiger Elektrokardiograph
- 3 = Zur Verbesserung der Leitfähigkeit werden Haut und Elektroden mit NaCl-Lösung und Elektroden-Gel vorbehandelt
- 4 = Stoppuhr zur genauen Einteilung der Belastungsprobe

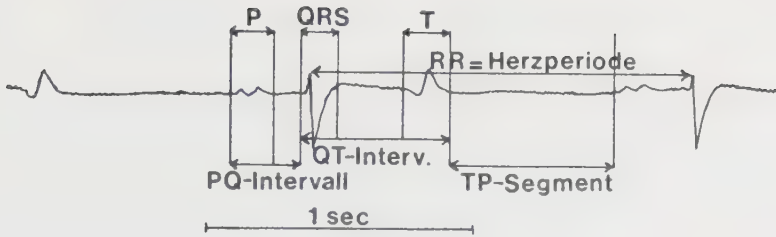


Abbildung 3

Einteilung der Herzstromkurven in die einzelnen EKG-Abschnitte. Bei der Auswertung der Kurven werden folgende Parameter berücksichtigt:

RR=Herzperiode/P-Zacke/PQ-Intervall/QRS-Komplex/QT-Intervall/T-Zacke

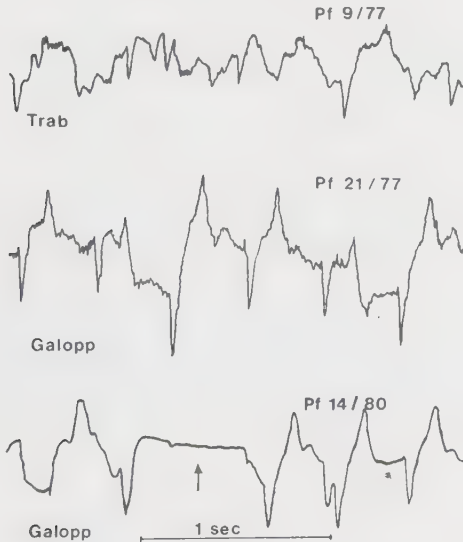


Abbildung 4

Gestörte Belastungs-Elektrokardiogramme durch starke Kopfbewegungen der Probanden oder durch Ausfall der Sendertätigkeit.

#### 4.4. STATISTISCHE AUSWERTUNG

Für jede Minute wurden die Mittelwerte und 2s-Bereiche der Herzschlagfrequenz ermittelt und als Verlaufskurve über die gesamte Belastungs-Probe grafisch aufgezeichnet.

Bei den EKG-Zeitparametern interessierte vor allem ihre Abhängigkeit von der Herzschlagfrequenz bzw. von der Dauer der Herzperiode. Dazu wurden für jedes Tier alle von Hand ausgemessenen Daten auf Lochkarten abgelocht und unter Anwendung von BMDP-Programmen per Computer statistisch ausgewertet (Dixon, 1975).

## 5. ERGEBNISSE

### 5.1. GESUNDE PFERDE

Bei den 26 Warmblutpferden ohne Anzeichen einer Herzerkrankung handelte es sich um 21 Wallache, 3 Hengste und 2 Stuten im Alter von 2 - 10 Jahren.

#### 5.1.1. RUHE-ELEKTROKARDIOGRAMM

Tabelle 4: Die Resultate der einzelnen EKG-Zeitparameter werden als Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) mit 2-facher Standardabweichung ( $2s$ ) angegeben.

| Parameter | $\bar{x}$<br>(sec. $\cdot 10^{-3}$ ) | s<br>(sec. $\cdot 10^{-3}$ ) | $\bar{x} - 2s$<br>(sec. $\cdot 10^{-3}$ ) | $\bar{x} + 2s$<br>(sec. $\cdot 10^{-3}$ ) |
|-----------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| RR        | 1652,9                               | 324,9                        | 1003,1                                    | 2302,7                                    |
| P         | 165,0                                | 21,0                         | 123,0                                     | 207,0                                     |
| PQ        | 315,0                                | 43,4                         | 228,2                                     | 401,8                                     |
| QRS       | 140,3                                | 12,5                         | 115,3                                     | 165,3                                     |
| QT        | 530,5                                | 50,3                         | 429,9                                     | 631,1                                     |
| T         | 163,9                                | 21,8                         | 120,3                                     | 207,5                                     |

Die Kurvenform der Ruhe-Elektrokardiogramme ist individuell verschieden und kann zusätzlich durch Tonusschwankungen des vegetativen Nervensystems beeinflusst werden (Abbildungen 5 und 6).

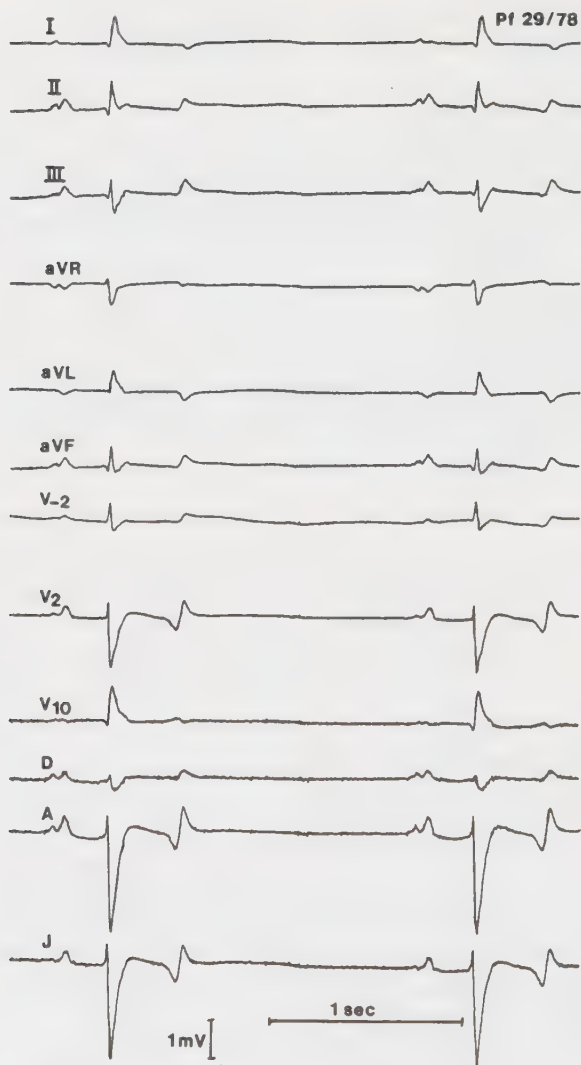


Abbildung 5

Kurvenform von Ruhe-Elektrokardiogrammen. Die Kurven bedeuten von oben nach unten:

I, II, III = Extremitäten-Ableitungen nach Einthoven

aVR, aVL, aVF = Goldberger-Ableitungen

V<sub>-2</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>10</sub> = Wilson-Ableitungen

D, A, J = Brustwand-Ableitungen nach Nehb-Spörri

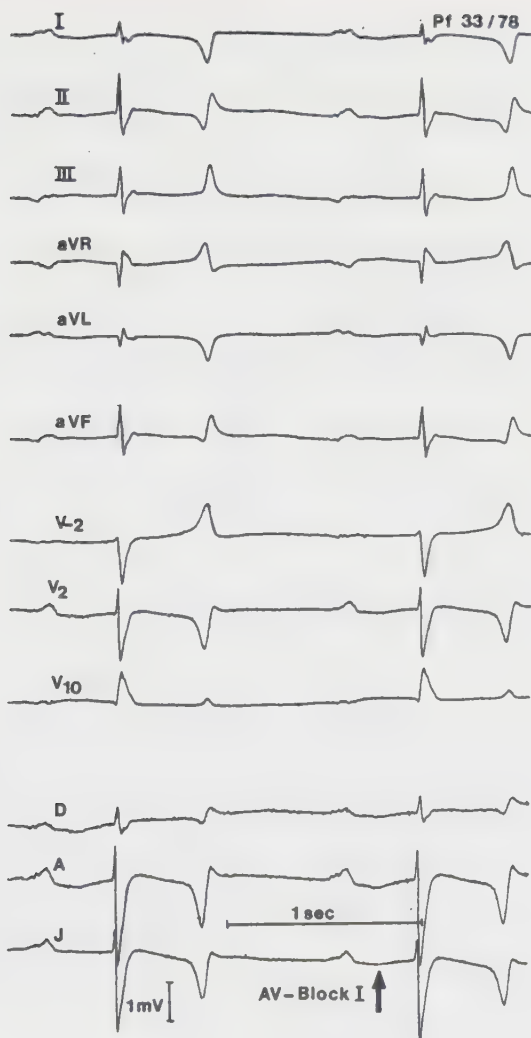


Abbildung 6

Ruhe-Elektrokardiogramme mit neurovegetativ  
verursachtem Atrioventrikular-Block 1. Grades.  
Die Kurven bedeuten von oben nach unten:

- I, II, III = Extremitäten-Ableitungen nach Einthoven
- aVR, aVL, aVF = Goldberger-Ableitungen
- V<sub>-2</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>10</sub> = Wilson-Ableitungen
- D, A, J = Brustwand-Ableitungen nach Nehb-Spörri

### 5.1.2. BELASTUNGS-ELEKTROKARDIOGRAMM

Die von uns angewandte EKG-Ableitung mit der Elektrodenlokalisierung über dem Nasenbein und der Regio xiphoidea zeigt eine ähnliche Kurvenform wie die Ableitung A nach Nehb-Spörri (Abbildung 7).

#### 5.1.2.1. Herzschlagfrequenz

Zur Ermittlung des Ausgangswertes (AW) dienen die im Stall vor der Belastung radiotelemetrisch erfassten Elektrokardiogramme:

$$AW = 36,3 \pm 12,0 / \text{min} \quad (\bar{x} \pm 2s)$$

Die Verlaufskurve für die Herzschlagfrequenz ist in Abbildung 8 aufgezeichnet.

#### 5.1.2.2. P-Dauer in Abhängigkeit von RR

Zur mathematischen Erfassung des nichtlinearen Kurvenverlaufes wurden zwischen  $RR = 300 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$  und  $RR = 2300 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$  zwanzig Klassen gebildet und für die jeweiligen Klassenmitten die Durchschnittswerte und 2s-Bereiche der P-Dauer ermittelt. Die Aufzeichnung dieser Werte diente zur Konstruktion der Regressionskurve. Um auch für niedrige Herzschlagfrequenzen genügend P-Werte zu erhalten, wurde bei der Darstellung der Regressionskurve die P-Dauer aus den Ruhe-Elektrokardiogrammen berücksichtigt (Abbildung 9).

#### 5.1.2.3. PQ-Dauer in Abhängigkeit von RR

Diejenigen Messwerte, die abnorm hoch lagen und durch Av-Blöcke 1. Grades zustande kamen, wurden eliminiert.

Analog zur P-Dauer konnten auch für PQ die Werte aus den Ruhe-Elektrokardiogrammen zur Konstruktion der Regressionskurve beitragen (Abbildung 10).

Bei hohen Herzschlagfrequenzen hat eine Änderung der Herzperiodendauer einen grösseren Einfluss auf die Dauer von PQ als im Bereich tiefer Frequenzen.

#### 5.1.2.4. QRS-Dauer in Abhängigkeit von RR

Die Regressionskurve für die QRS/RR-Abhängigkeit wurde mit Hilfe der Ruhewerte von QRS vervollständigt (Abbildung 11).

Aus den Kurven ist ersichtlich, dass mit abnehmender Herzschlagfrequenz die Streuung der Einzelwerte grösser wird.

#### 5.1.2.5. QT-Dauer in Abhängigkeit von RR

Der Verlauf der Regressionskurve für die QT/RR-Abhängigkeit (Abbildung 12) bringt zum Ausdruck, dass im Bereich hoher Herzschlagfrequenzen die Steigung viel grösser ist als bei tieferen Frequenzen. Die Streuung der Einzelwerte ist deutlich geringer als bei den übrigen EKG-Zeitparametern.

#### 5.1.2.6. T-Dauer in Abhängigkeit von RR

Die T-Zacke gilt als äusserst labiler Teil des Elektrokardiogrammes, denn schon geringste Tonuschwankungen des vegetativen Nervensystems können die Kammerendschwankung verändern. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Streuung der Einzelwerte für T recht gross ist.

Zur mathematischen Erfassung des Kurvenverlaufes wurden auch bei diesem Zeitparameter Klassen gebildet und die Ruhewerte von T miteinbezogen (Abbildung 13).

Pf 7/78

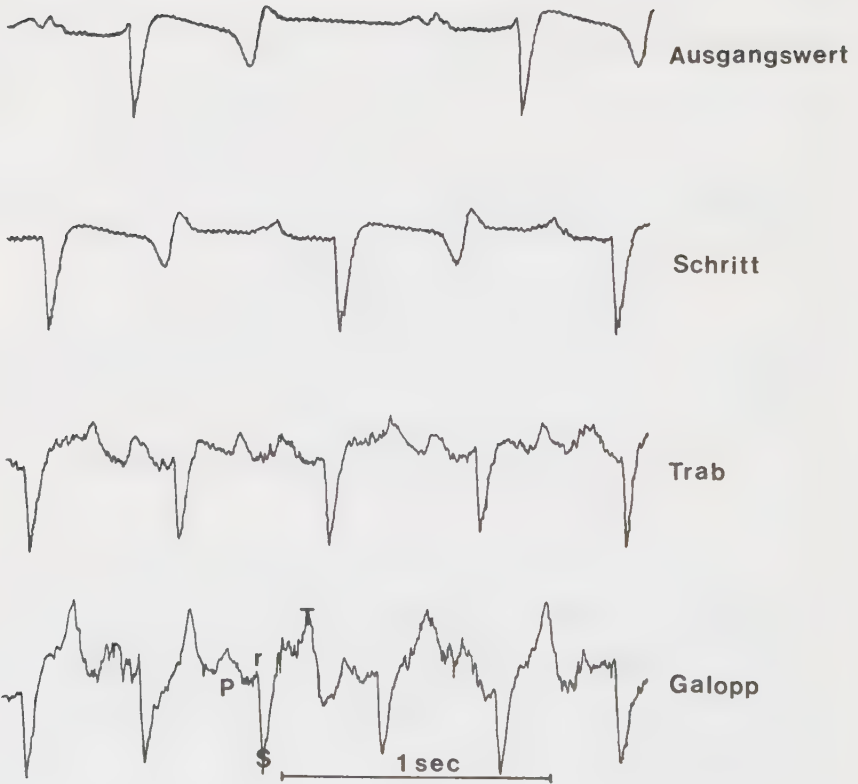


Abbildung 7

Mittels Radiotelemetrie übertragene Belastungs-Elektrokardiogramme in den verschiedenen Gangarten des Pferdes.

Abbildung 8

Verlaufskurve für die Herzschlagfrequenz.

Die horizontalen, gestrichelten Linien begrenzen den Bereich der vor der Belastung gemessenen Ausgangsfrequenzen.

Die ausgezogenen Linien zeigen die Mittelwerte und die 2s-Bereiche der Herzschlagfrequenzen während der Belastung und in der anschließenden Erholungsphase.

Abbildung 8



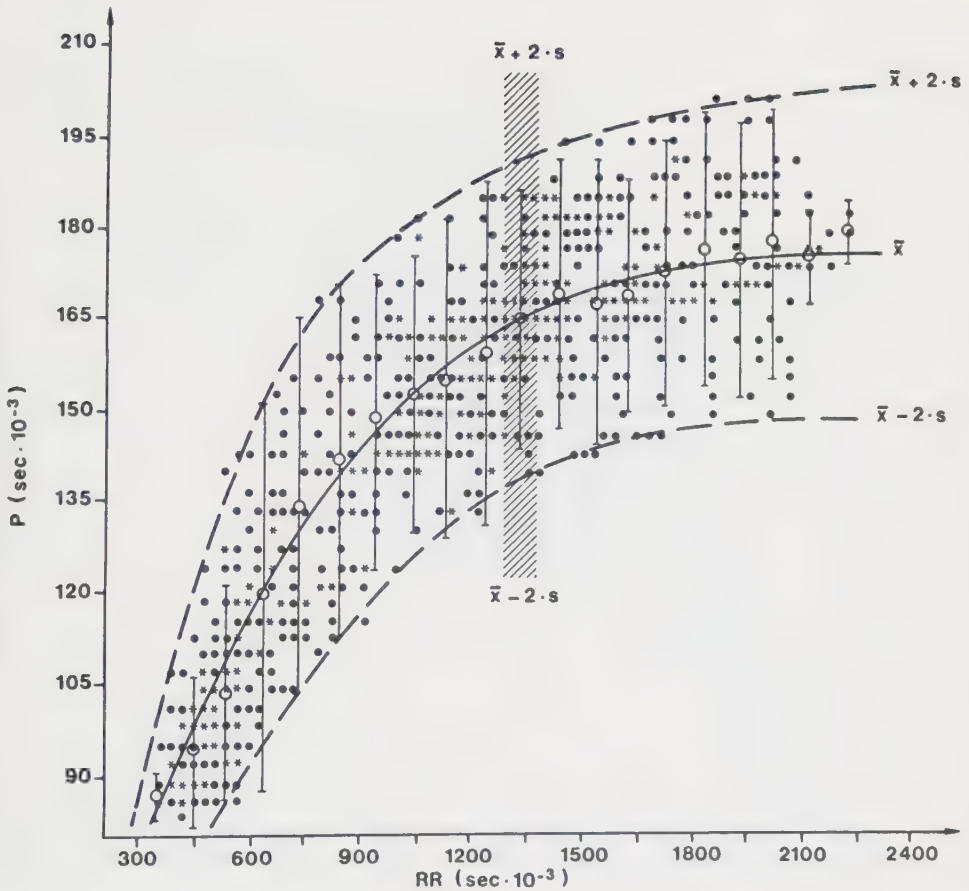


Abbildung 9

Abhängigkeit der P-Dauer von der Herzperiode.

Feine vertikale Balken = Mittelwerte und 2s-Bereiche für die jeweiligen Klassenmitten

Breiter vertikaler Balken = Mittelwert und 2s-Bereiche der P-Dauer aus dem Ruhe-EKG

Beim Symbol \* fallen zwei oder mehr Punkte zusammen.

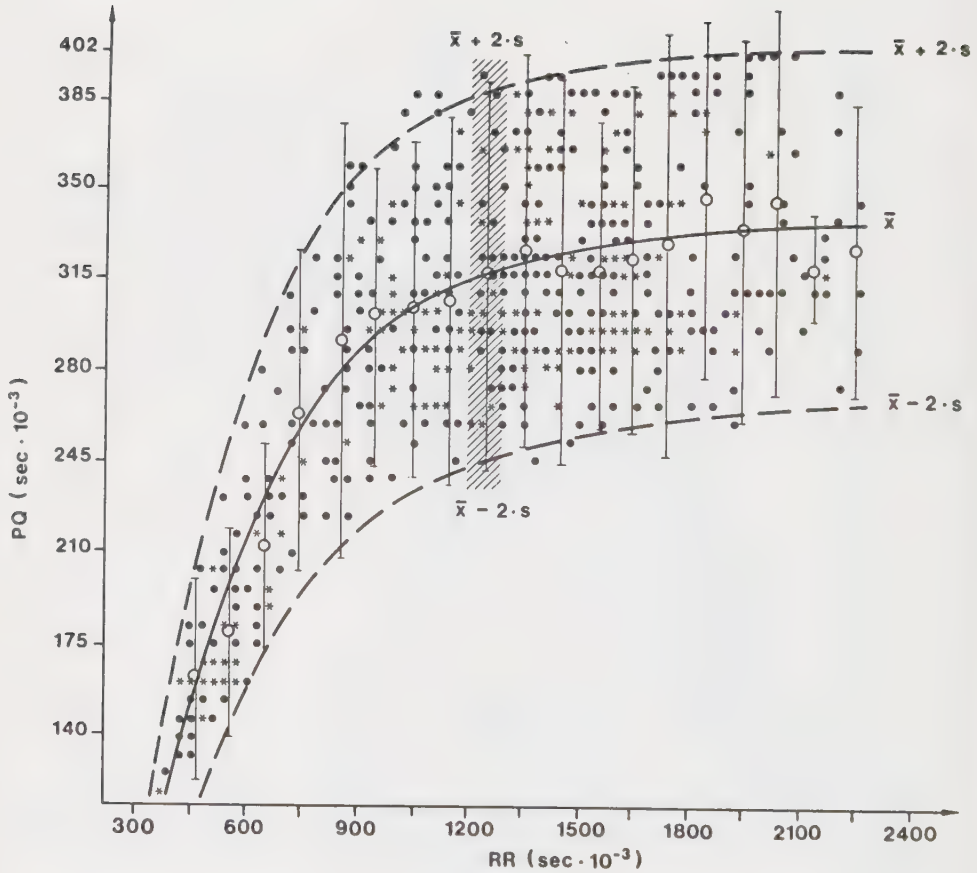


Abbildung 10

Abhängigkeit der PQ-Dauer von der Herzperiode.

Feine vertikale Balken = Mittelwerte und 2s-Bereiche für die jeweiligen Klassenmitten

Breiter vertikaler Balken = Mittelwert und 2s-Bereiche der PQ-Dauer aus dem Ruhe-EKG

Beim Symbol \* fallen zwei oder mehr Punkte zusammen.

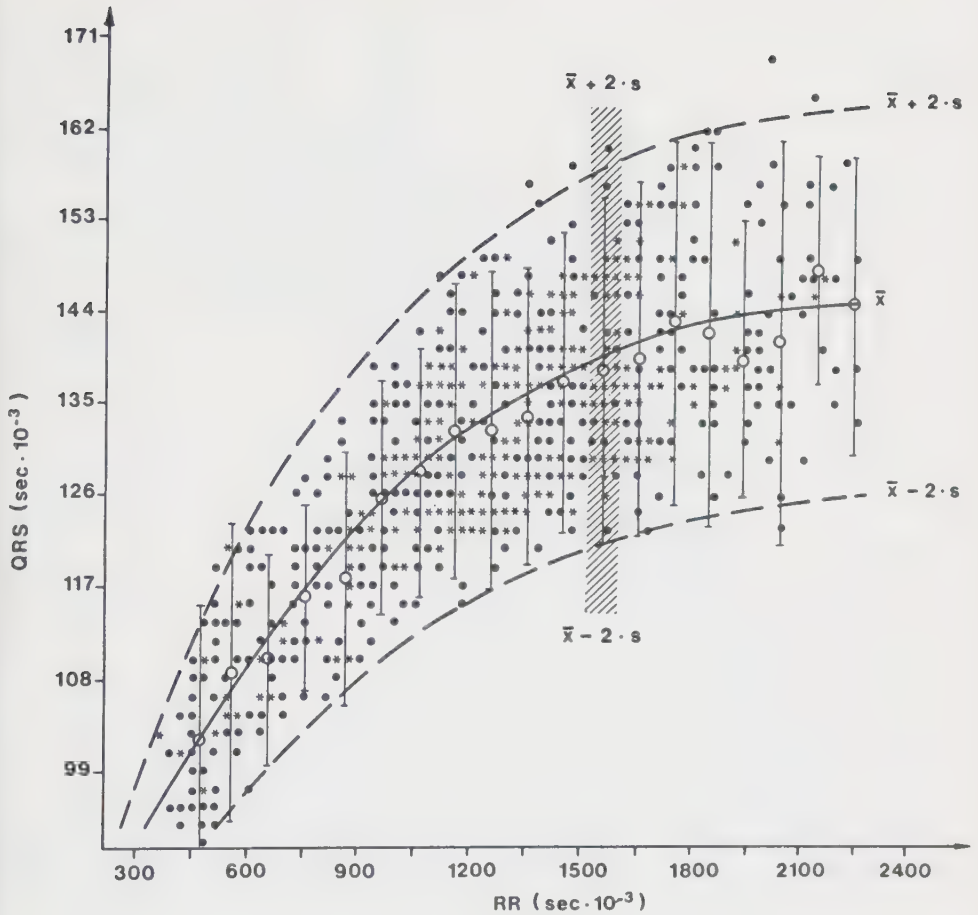


Abbildung 11

Abhängigkeit der QRS-Dauer von der Herzperiode.

Feine vertikale Balken = Mittelwerte und 2s-Bereiche für die jeweiligen Klassenmitten

Breiter vertikaler Balken = Mittelwert und 2s-Bereiche der QRS-Dauer aus dem Ruhe-EKG

Beim Symbol \* fallen zwei oder mehr Punkte zusammen.

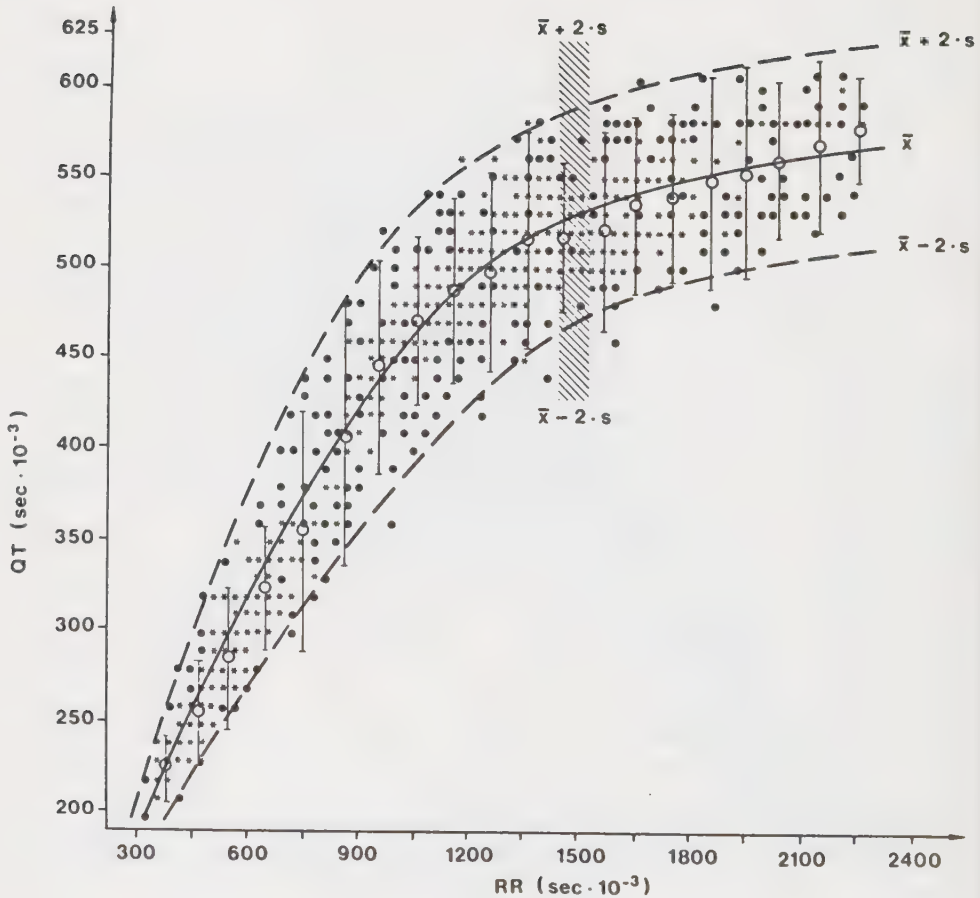


Abbildung 12

Abhängigkeit der QT-Dauer von der Herzperiode.

Feine vertikale Balken = Mittelwerte und 2s-Bereiche für die jeweiligen Klassenmit-

Breiter vertikaler Balken = Mittelwert und 2s-Bereiche der QT-Dauer aus dem Ruhe-EKG

Beim Symbol \* fallen zwei oder mehr Punkte zusammen.

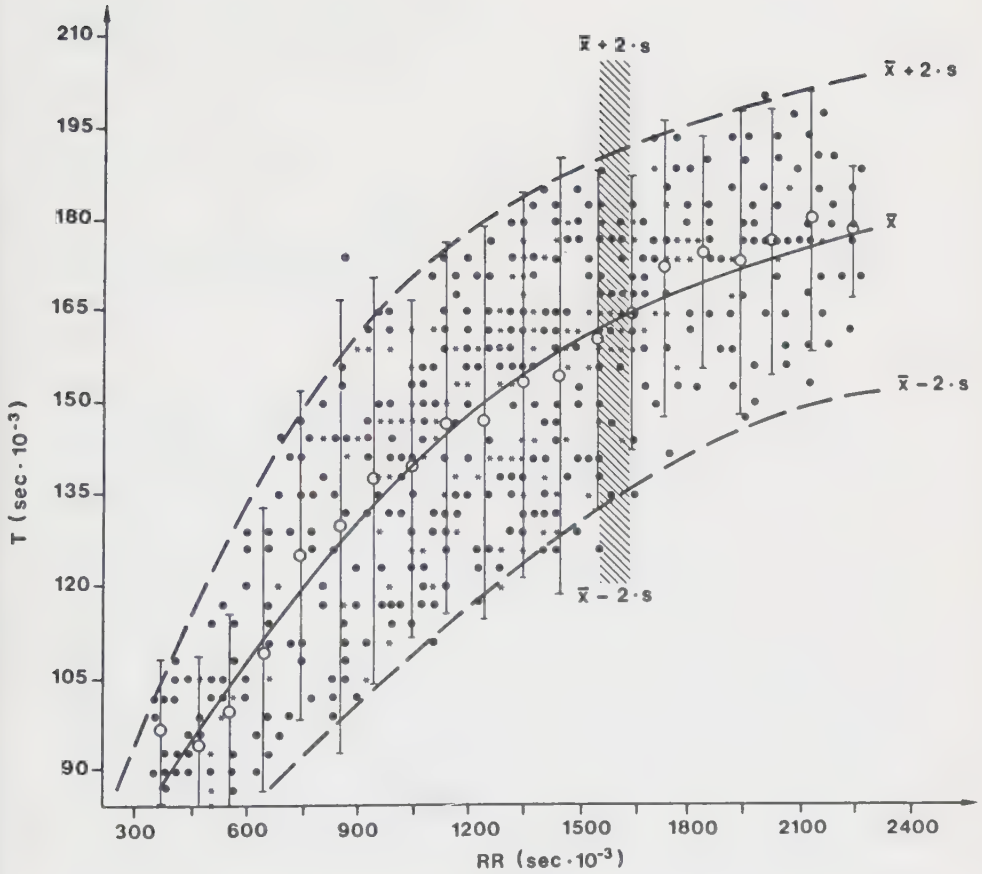


Abbildung 13

Abhängigkeit der T-Dauer von der Herzperiode.

Feine vertikale Balken = Mittelwerte und 2s-Bereiche für die jeweiligen Klassenmitten

Breiter vertikaler Balken = Mittelwert und 2s-Bereiche der T-Dauer aus dem Ruhe-EKG

Beim Symbol \* fallen zwei oder mehr Punkte zusammen.

## 5.2. KRANKE PFERDE

Die 26 zur Illustrierung ausgewählten Pferde gehören vier verschiedenen Krankheitsgruppen an:

1. Patienten mit Herzklappenfehlern
2. Patienten mit Reizbildungs-Störungen
3. Patienten mit Verdacht auf eine Myokarderkrankung
4. Patienten mit einer Lungenerkrankung

### 5.2.1. PFERDE MIT HERZKLAPPENFEHLERN

Diese Gruppe umfasst 10 Pferde mit Insuffizienzen der Atrio-ventrikular- oder Semilunarklappen.

Die Diagnose wurde aufgrund der Anamnese, der klinischen Befunde und der Herz-Kreislaufuntersuchung gestellt.

Die näheren Angaben zu den einzelnen Tieren sind in Tabelle 5 aufgeführt.

#### Herzschlagfrequenz

Um die Uebersicht zu bewahren, wurden in der Verlaufskurve nur die Resultate von Patienten eingetragen, deren Herzschlagfrequenzen abnorm hoch lagen oder für die Beurteilung anderer EKG-Parameter von Wichtigkeit waren (Abbildung 14).

#### P-Dauer in Abhängigkeit von RR

Abbildung 15 zeigt, dass die Messdaten zum grössten Teil über den Mittelwerten gesunder Tiere liegen.

Die stärkste Vergrösserung der P-Dauer war bei den Patienten mit Mitralinsuffizienz und atrialer Extrasystolie zu beobachten.

#### PQ-Dauer in Abhängigkeit von RR

Bei leichter Belastung und am Anfang der Erholungsphase lagen alle Werte innerhalb der Norm. Dies betrifft in Abbildung 16 die Messdaten im Bereich von  $RR = 450 - 750 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ .

### QRS-Dauer in Abhängigkeit von RR

Abbildung 17 macht deutlich, dass die Messdaten bei Belastung fast ausschliesslich über den Mittelwerten gesunder Pferde liegen.

Die grösste Verlängerung der QRS-Dauer war bei Pferden mit Insuffizienzen der Av-Klappen festzustellen.

### QT-Dauer in Abhängigkeit von RR

Abbildung 18 zeigt mit abnehmender Herzschlagfrequenz eine stärkere Streuung der Einzelwerte.

### T-Dauer in Abhängigkeit von RR

Die Eintragung der Messwerte in Abbildung 19 lässt erkennen, dass Verlängerungen der T-Dauer vorwiegend in der Erholungsphase zu finden sind.

Schon geringe Tonusschwankungen des vegetativen Nervensystems können die Form und damit auch die Dauer der T-Zacke beeinflussen. Durch Sympathikotonie wird die meist biphasische Kammerendschwankung monophasisch und positiv, was zu einer Verkürzung der T-Dauer führt. Kleine Zeitwerte von T sind daher wenig aussagekräftig, währenddessen Vergrösserungen der T-Dauer als pathologisch zu werten sind.

### Beispiel zur Kurvenform

In dieser Patientengruppe stellten wir bei einem Pferd mit Mitralinsuffizienz schon im Ruhe-EKG deutliche ST-Elevationen fest (Abbildung 20). Durch Belastung verstärkten sich die ST-Alterationen. Weil die T-Zacke vorerst noch biphasisch war, nahm die ST-Strecke einen nach oben konvexen Verlauf. Nach der Belastung blieb die ST-Strecke lange verändert und die T-Zacke wurde zweigipflig positiv.

Tabelle 5: Patienten mit Herzklappenfehlern

| Prot. Nr. | Geschlecht | Rasse    | Alter<br>(Jahre) | Anamnese                                                                    | Befunde aus dem Rube-EKG                  |
|-----------|------------|----------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Pf 31/76  | Wallach    | Warmblut | 9                | Leistungsabfall, systolisches Herzgeräusch                                  | Av-Blöcke I+II, QT-Verlängerung           |
| Pf 30/77  | Stute      | Warmblut | 6                | Abklärung von Herzgeräusch für Versicherung                                 | Av-Blöcke I, QT-Verlängerung              |
| Pf 14/80  | Wallach    | Warmblut | 12               | Leistung nicht zufriedenstellend                                            | Av-Blöcke I                               |
| Pf 5/81   | Wallach    | Warmblut | 12               | Apathie und Inappetenz, Husten                                              | keine Besonderheiten                      |
| Pf 34/77  | Wallach    | Warmblut | 14               | Sturz mit anschließender Inappetenz, Herzgeräusch                           | grosse P <sub>2</sub> -Zacken             |
| Pf 45/77  | Hengst     | Vollblut | 13               | in Ruhe epileptiforme Anfälle mit Tachypnoe                                 | Av-Blöcke I+II, Bradykardie, EKG-Linkstyp |
| Pf 59/76  | Wallach    | Warmblut | 6                | Ankaufsuntersuchung, nach Belastung Tachypnoe und vermehrtes Schwitzen      | QT-Verlängerung, EKG-Rechtstyp            |
| Pf 3/80   | Wallach    | Warmblut | 8                | Abmagerung trotz guter Fresslust, Herzgeräusch                              | EKG-Rechtstyp                             |
| Pf 4/79   | Wallach    | Warmblut | 18               | gut trainiertes Concours-Pferd, diastolisches Herzgeräusch, Bronchitis      | atriale Extrasystolie, EKG-Linkstyp       |
| Pf 1/80   | Wallach    | Warmblut | 5                | Müdigkeit, Husten, Av-Blöcke auch bei Belastung, diastolisches Herzgeräusch | Av-Blöcke I, QT-Verlängerung              |

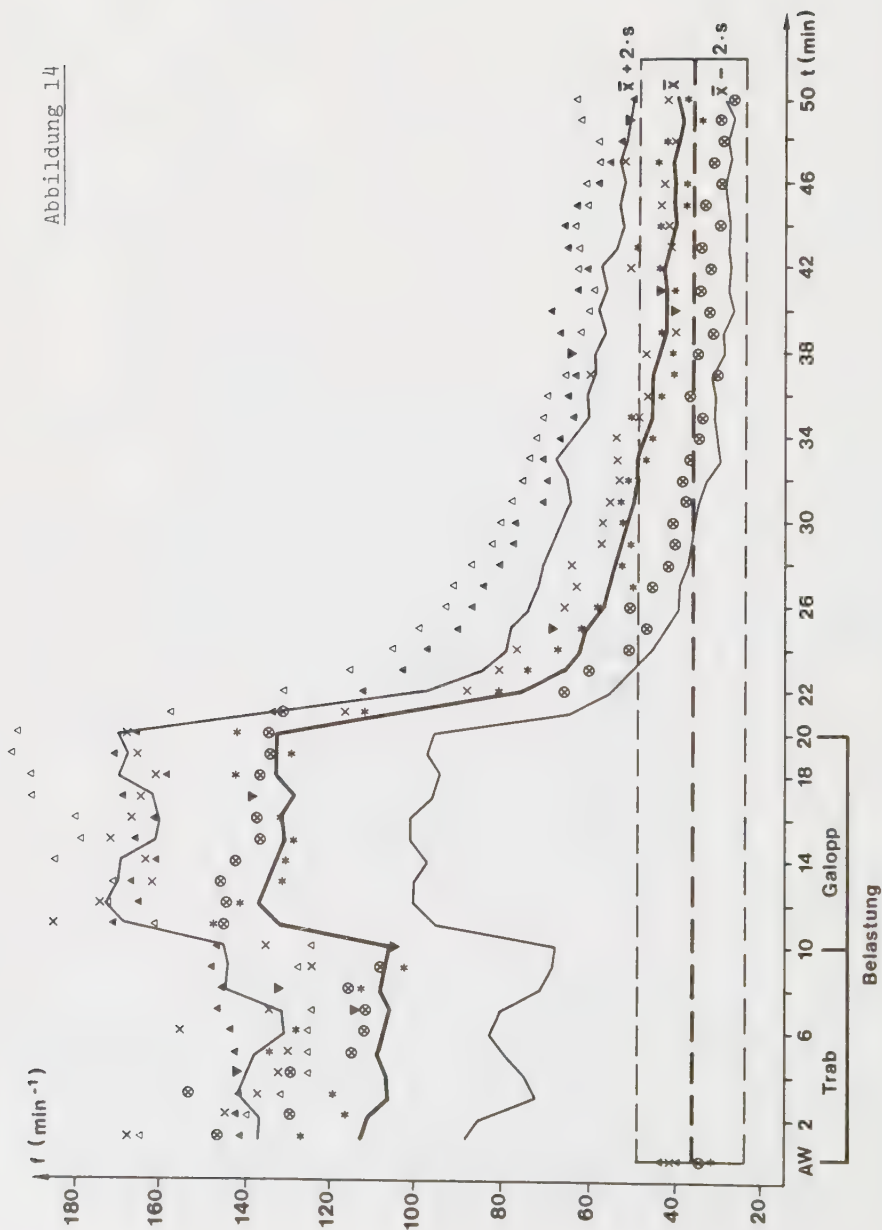
Abbildung 14

Eintragung aller Messwerte für die Herzschlagfrequenz der Pferde mit Herzklappenfehlern.

|           |   |                             |
|-----------|---|-----------------------------|
| Pf 31/76: | ● | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 30/77: | ○ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 14/80: | ▲ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 5/81:  | △ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 34/77: | ★ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 45/77: | ☆ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 59/76: | * | (Trikuspidalinsuffizienz)   |
| Pf 3/80:  | ⊙ | (Trikuspidalinsuffizienz)   |
| Pf 4/79:  | × | (Aortenklappeninsuffizienz) |
| Pf 1/80:  | ⊗ | (Aortenklappeninsuffizienz) |

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

Abbildung 14



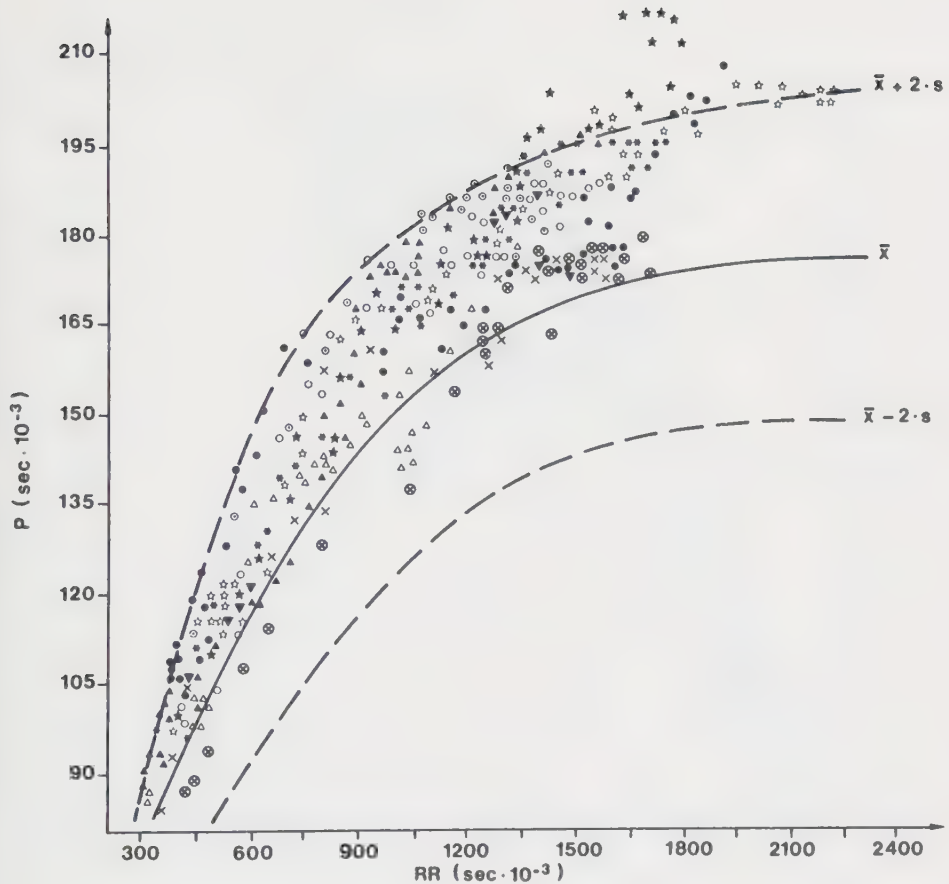


Abbildung 15

Eintragung aller Messwerte für die P-Dauer der Pferde mit Herzklappenfehlern.

- |           |   |                             |
|-----------|---|-----------------------------|
| Pf 31/76: | ● | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 30/77: | ○ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 14/80: | ▲ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 5/81:  | △ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 34/77: | ★ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 45/77: | ☆ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 59/76: | * | (Trikuspidalsuffizienz)     |
| Pf 3/80:  | ⊙ | (Trikuspidalsuffizienz)     |
| Pf 4/79:  | × | (Aortenklappeninsuffizienz) |
| Pf 1/80:  | ⊗ | (Aortenklappeninsuffizienz) |

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

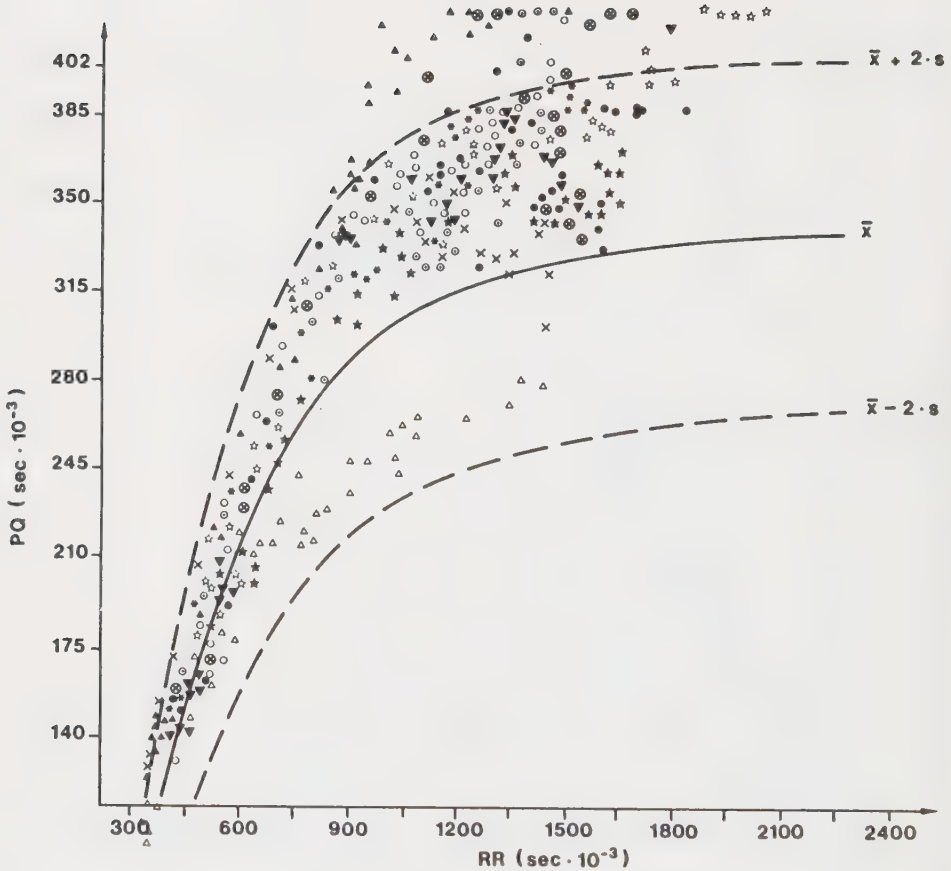


Abbildung 16

Eintragung aller Messwerte für die PQ-Dauer der Pferde mit Herzklappenfehlern.

|           |   |                             |
|-----------|---|-----------------------------|
| Pf 31/76: | ● | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 30/77: | ○ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 14/80: | ▲ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 5/81:  | △ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 34/77: | ★ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 45/77: | ☆ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 59/76: | * | (Trikuspidalinsuffizienz)   |
| Pf 3/80:  | ⊙ | (Trikuspidalinsuffizienz)   |
| Pf 4/79:  | × | (Aortenklappeninsuffizienz) |
| Pf 1/80:  | ⊗ | (Aortenklappeninsuffizienz) |

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

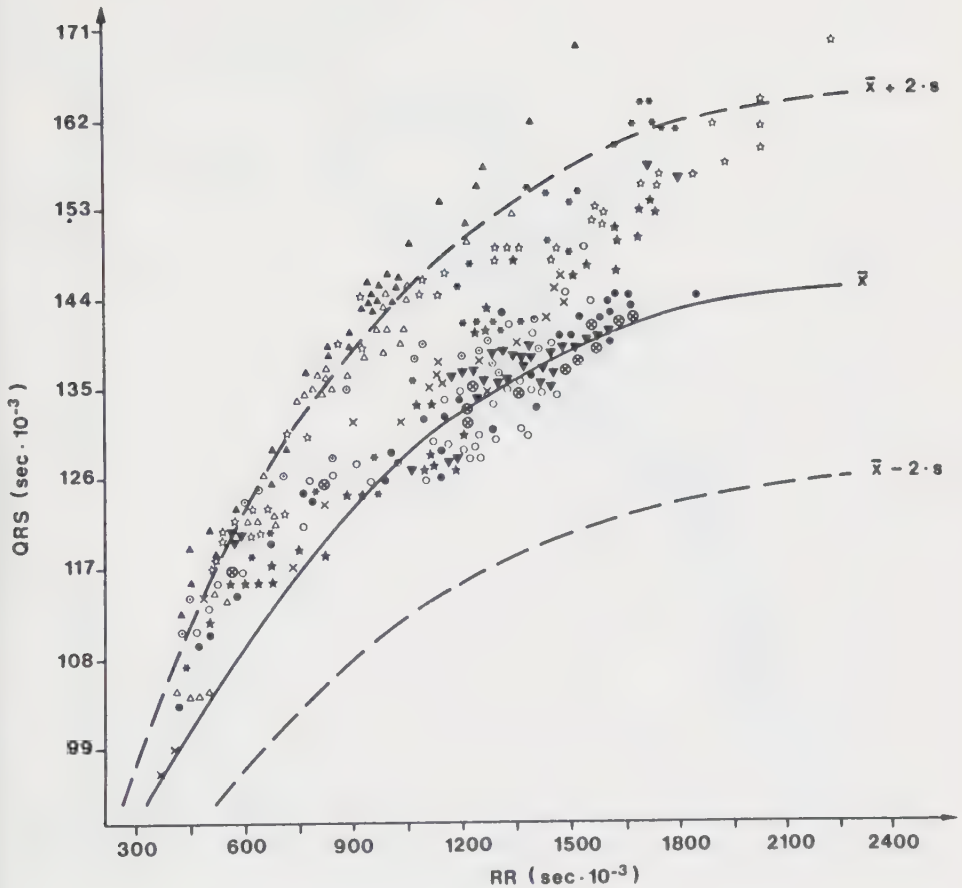


Abbildung 17

Eintragung aller Messwerte für die QRS-Dauer der Pferde mit Herzklappenfehlern.

- |           |   |                             |
|-----------|---|-----------------------------|
| Pf 31/76: | ● | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 30/77: | ○ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 14/80: | ▲ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 5/81:  | △ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 34/77: | ★ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 45/77: | ☆ | (Mitralinsuffizienz)        |
| Pf 59/76: | * | (Trikuspidalinsuffizienz)   |
| Pf 3/80:  | ⊙ | (Trikuspidalinsuffizienz)   |
| Pf 4/79:  | x | (Aortenklappeninsuffizienz) |
| Pf 1/80:  | ⊗ | (Aortenklappeninsuffizienz) |

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

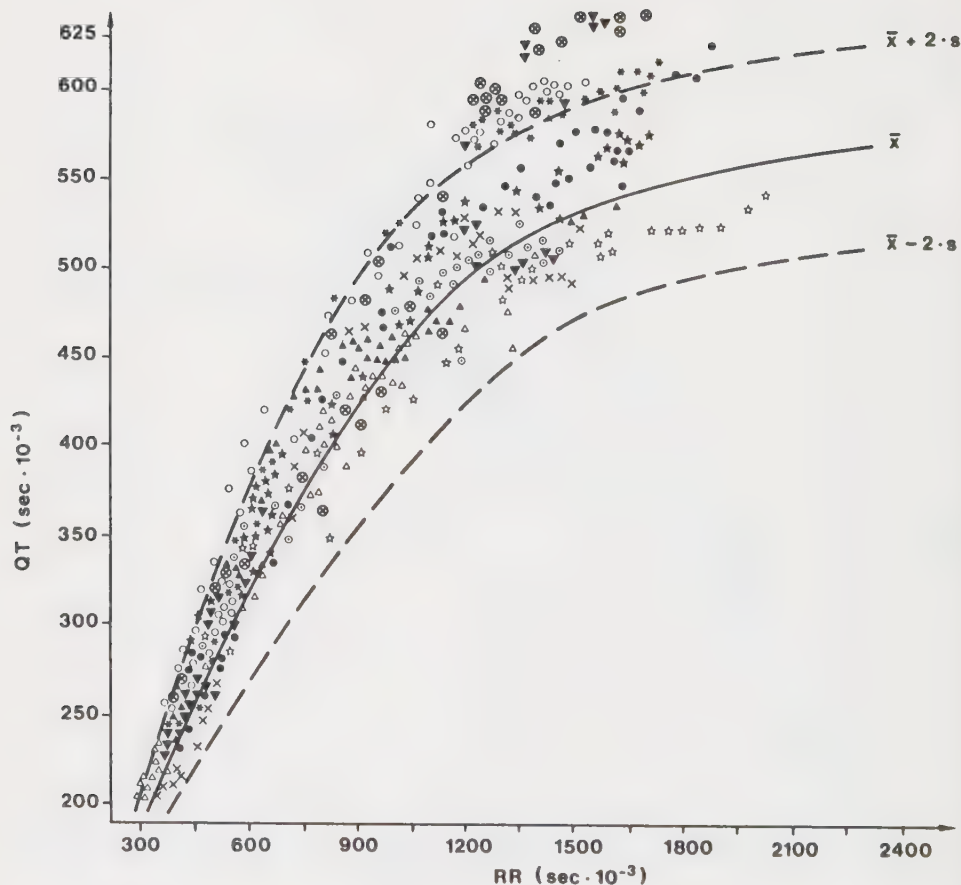


Abbildung 18

Eintragung aller Messwerte für die QT-Dauer der Pferde mit Herzklappenfehlern.

- Pf 31/76: ● (Mitralinsuffizienz)  
 Pf 30/77: ○ (Mitralinsuffizienz)  
 Pf 14/80: ▲ (Mitralinsuffizienz)  
 Pf 5/81: △ (Mitralinsuffizienz)  
 Pf 34/77: ★ (Mitralinsuffizienz)  
 Pf 45/77: ☆ (Mitralinsuffizienz)  
 Pf 59/76: \* (Trikuspidalinsuffizienz)  
 Pf 3/80: ⊙ (Trikuspidalinsuffizienz)  
 Pf 4/79: × (Aortenklappeninsuffizienz)  
 Pf 1/80: ⊗ (Aortenklappeninsuffizienz)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

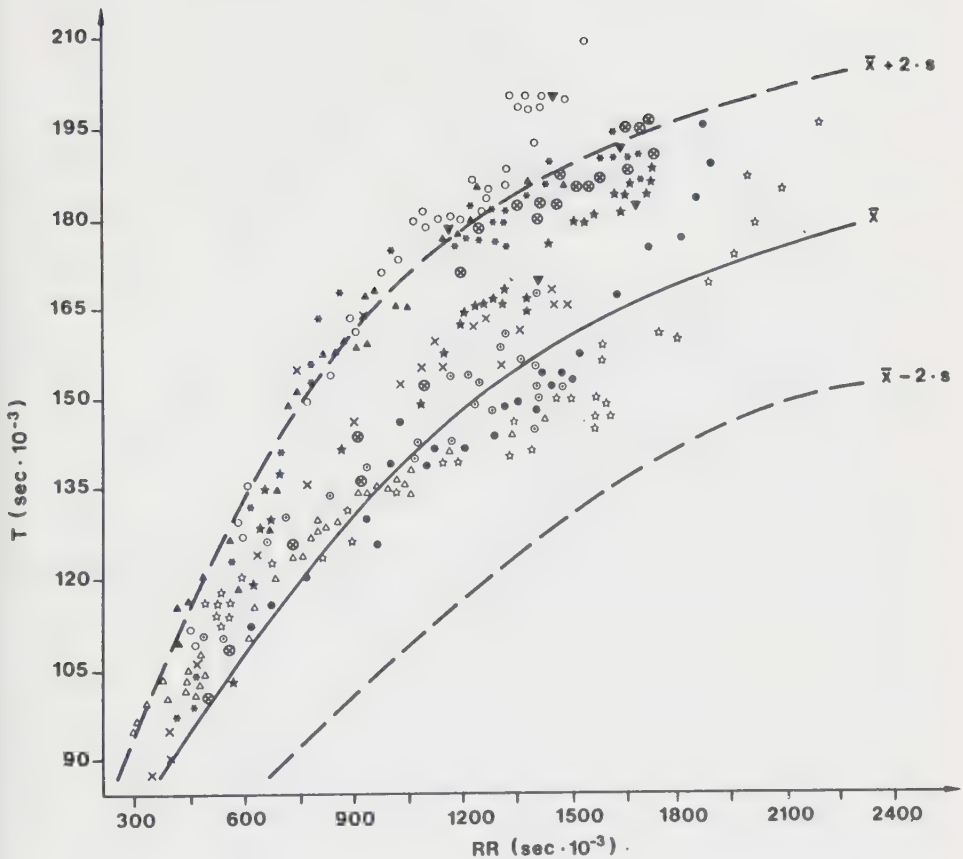


Abbildung 19

Eintragung aller Messwerte für die T-Dauer der Pferde mit Herzklappenfehlern.

- |           |   |                             |
|-----------|---|-----------------------------|
| Pf 31/76: | ● | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 30/77: | ○ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 14/80: | ▲ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 5/81:  | △ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 34/77: | ★ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 45/77: | ☆ | (Mitralsuffizienz)          |
| Pf 59/76: | * | (Trikuspidalsuffizienz)     |
| Pf 3/80:  | ⊙ | (Trikuspidalsuffizienz)     |
| Pf 4/79:  | × | (Aortenklappeninsuffizienz) |
| Pf 1/80:  | ⊗ | (Aortenklappeninsuffizienz) |

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

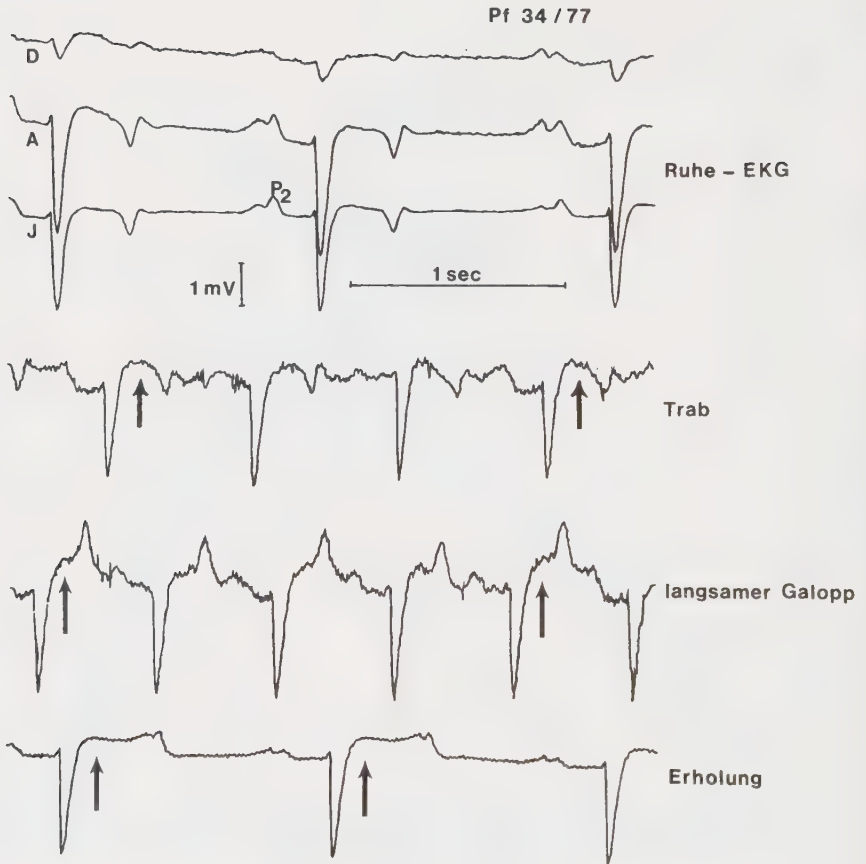


Abbildung 20

Pferd mit Mitralinsuffizienz:

Starke ST-Elevationen während der Belastung  
und in der Erholungsphase.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Ergebnisse von Gruppe 1

| Prot. Nr. | Klappenfehler                                                                   | Interpretation der EKG-Befunde                                                                                                                                                                                   |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pf 31/76  | Mitralinsuffizienz                                                              | Verdacht einer Hypertrophie des linken Vorhofs, leichte Affektion von Vorhof- und Kammermyokard                                                                                                                  |
| Pf 30/77  | Mitralinsuffizienz                                                              | Affektion des Ventrikelmyokards                                                                                                                                                                                  |
| Pf 14/80  | Mitralinsuffizienz                                                              | Verdacht einer Hypertrophie des linken Vorhofs, Affektion des Vorhofmyokards, Verdacht einer Hypertrophie der Ventrikel, Belastungsinsuffizienz aufgrund der erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung         |
| Pf 5/81   | Mitralinsuffizienz                                                              | Verdacht einer Hypertrophie der Ventrikel, leichte Affektion des Kammermyokards, Belastungsinsuffizienz aufgrund der erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung                                                 |
| Pf 34/77  | Mitralinsuffizienz und atriale Extrasystolie nach Belastung                     | Verdacht einer Hypertrophie des linken Vorhofs, Affektion des Kammermyokards                                                                                                                                     |
| Pf 45/77  | Mitralinsuffizienz und atriale Extrasystolie nach Belastung                     | Verdacht einer Hypertrophie des linken Vorhofs und des linken Ventrikels                                                                                                                                         |
| Pf 59/76  | Trikuspidalinsuffizienz                                                         | Verdacht einer Hypertrophie beider Atrien, Verdacht einer Hypertrophie des rechten Ventrikels, Affektion des Kammermyokards                                                                                      |
| Pf 3/80   | Trikuspidalinsuffizienz                                                         | Verdacht einer Hypertrophie beider Atrien, Verdacht einer Hypertrophie des rechten Ventrikels                                                                                                                    |
| Pf 4/79   | Insuffizienz der Aortenklappe, atriale Extrasystolie in Ruhe und nach Belastung | Verdacht einer Hypertrophie des linken Vorhofs, Affektion des Vorhofmyokards, Verdacht einer Hypertrophie des linken Ventrikels, Belastungsinsuffizienz aufgrund der erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung |
| Pf 1/80   | Insuffizienz der Aortenklappe                                                   | leichte Affektion von Vorhof- und Kammermyokard                                                                                                                                                                  |

### 5.2.2. PFERDE MIT REIZBILDUNGS-STOERUNGEN

Diese Gruppe umfasst 6 Pferde mit verschiedenen Reizbildungs-Störungen.

Die Diagnose wurde aufgrund der Anamnese, der klinischen Befunde und vor allem der Elektrokardiographie gestellt.

Die näheren Angaben zu den Patienten sind in Tabelle 7 aufgeführt.

#### Herzschlagfrequenz

Abbildung 21 zeigt den Verlauf der Herzschlagfrequenzen über die gesamte Belastungs-Probe.

Bei Galopp-Belastung wiesen die Patienten mit Vorhofflimmern die stärkste Belastungsinsuffizienz auf.

#### P-Dauer in Abhängigkeit von RR

In Abbildung 22 fehlen die Messwerte für die Patienten mit Vorhofflimmern.

Während der Erholungsphase waren keine Vergrösserungen der P-Dauer festzustellen (Messdaten im Bereich von  $RR = 600 - 1600 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ ).

#### PQ-Dauer in Abhängigkeit von RR

In Abbildung 23 fehlen ebenfalls Resultate der beiden Pferde mit Vorhofflimmern.

Während der Belastung und am Anfang der Erholungsphase lag die PQ-Dauer für alle Tiere über den Mittelwerten gesunder Pferde. Dies betrifft die Messdaten bis zur oberen Grenze von  $RR = 750 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ .

#### QRS-Dauer in Abhängigkeit von RR

Abbildung 24 macht deutlich, dass die Streuung der Einzelwerte mit abnehmender Herzschlagfrequenz grösser wird.

Bei Belastung und am Anfang der Erholungsphase war die Dauer der QRS-Komplexe fast ausschliesslich grösser als die Mittelwerte gesunder Pferde (Messdaten bis zur oberen Grenze von  $RR = 750 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ ).

### QT-Dauer in Abhängigkeit von RR

Verlängerungen der QT-Dauer waren nur bei Belastung und bis Mitte der Erholungsphase zu beobachten. Das entspricht in Abbildung 25 allen Messdaten bis zur oberen Grenze von  $RR = 900 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ .

Die stärkste Vergrößerung der QT-Dauer war bei den Pferden mit Vorhofflimmern festzustellen.

### T-Dauer in Abhängigkeit von RR

Abbildung 26 zeigt, dass bei Belastung alle Messdaten über den Mittelwerten gesunder Pferde liegen.

In Ruhe waren keine Vergrößerungen der T-Dauer zu finden.

### Beispiel zur Kurvenform

In dieser Patientengruppe waren bei einem Pferd mit Vorhofflimmern schon im Ruhe-EKG grosse und positive T-Zacken auffällig, deren Amplituden sich während der Galopp-Belastung noch vergrösserten (Abbildung 27).

Tabelle 7: Patienten mit Reizbildungs-Störungen

| Prot. Nr. | Geschlecht | Rasse    | Alter<br>(Jahre) | Anamnese                                                                   | Befunde aus dem Ruhe-EKG                                                                                     |
|-----------|------------|----------|------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pf 62/76  | Wallach    | Vollblut | 10               | Abmagerung trotz guter Fresslust, seit 4 Tagen Inappetenz, Herzarrhythmien | Interferenzdissoziation nach Mobitz mit rechts-ventrikulärem Kammer-rhythmus, wenig übergeleitete Sinusreize |
| Pf 25/79  | Wallach    | Warmblut | 10               | Niederstürzen in Boxe, zeitweise Herzgeräusch                              | atriale Extrasystolie                                                                                        |
| Pf 9/80   | Wallach    | Warmblut | 5                | Leistungsabfall, Abmagerung, steifer Gang                                  | stets leicht erhöhte Herzschlagfrequenz, paroxysmale Tachykardie, EKG-Rechtstyp                              |
| Pf 10/80  | Wallach    | Warmblut | 11               | rasche Ermüdung, Tachypnoe, Herzgeräusch, sehr nervöses Pferd              | ventrikuläre Extrasystolie, EKG-Linkstyp                                                                     |
| Pf 32/76  | Wallach    | Warmblut | 12               | gut trainiertes Military-Pferd, jetzt aber Leistungsabfall                 | tachykardes Vorhofflimmern                                                                                   |
| Pf 6/81   | Stute      | Warmblut | 10               | Nasenbluten bei Belastung, Herzarrhythmien                                 | tachykardes Vorhofflimmern                                                                                   |

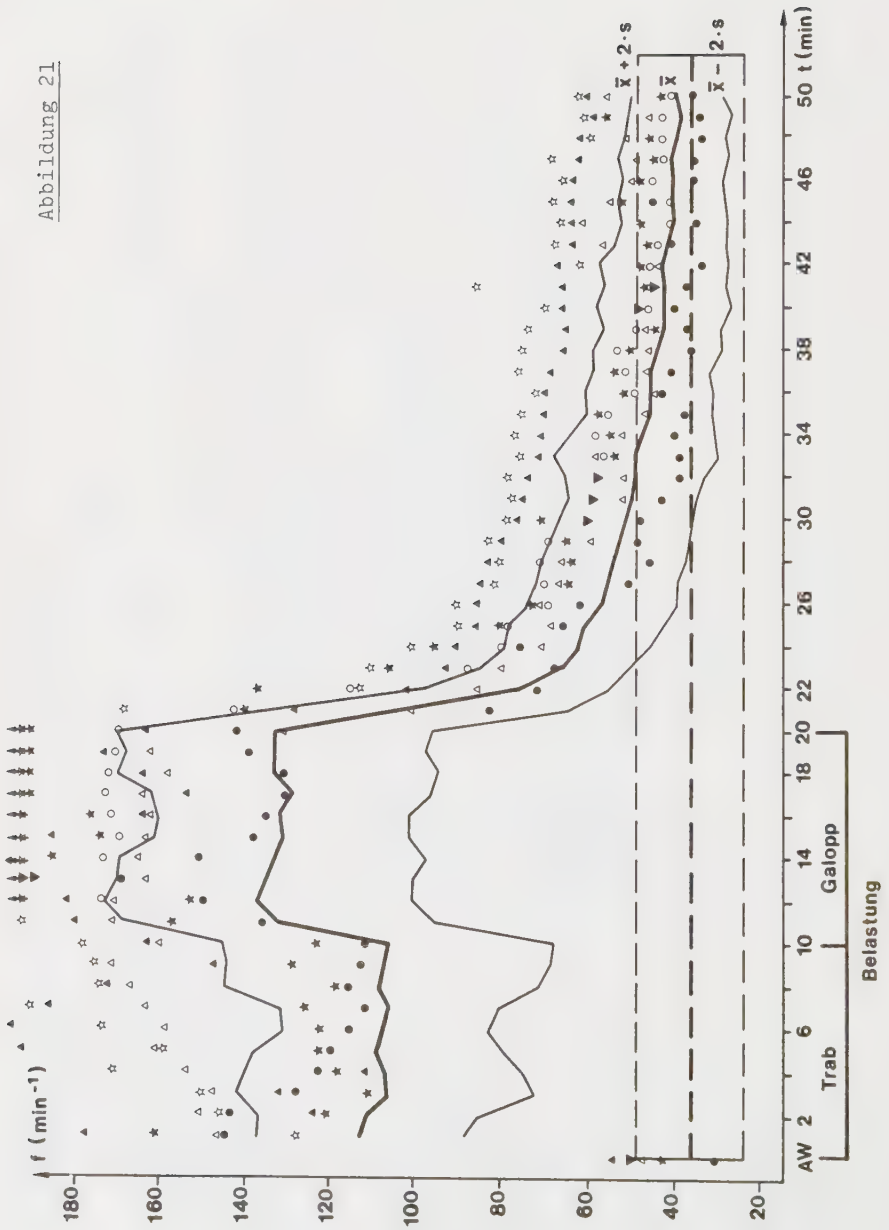
Abbildung 21

Eintragung aller Messwerte für die Herzschlagfrequenz der Pferde mit Reizbildungs-Störungen.

|           |   |                                        |
|-----------|---|----------------------------------------|
| Pf 62/76: | ● | (Chinidin-therapierte AV-Dissoziation) |
| Pf 25/79: | ○ | (Atriale Extrasystolie)                |
| Pf 9/80:  | ▲ | (Ventrikuläre Extrasystolie)           |
| Pf 10/80: | △ | (Ventrikuläre Extrasystolie)           |
| Pf 32/76: | ★ | (Vorhofflimmern)                       |
| Pf 6/81:  | ☆ | (Vorhofflimmern)                       |

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

Abbildung 21



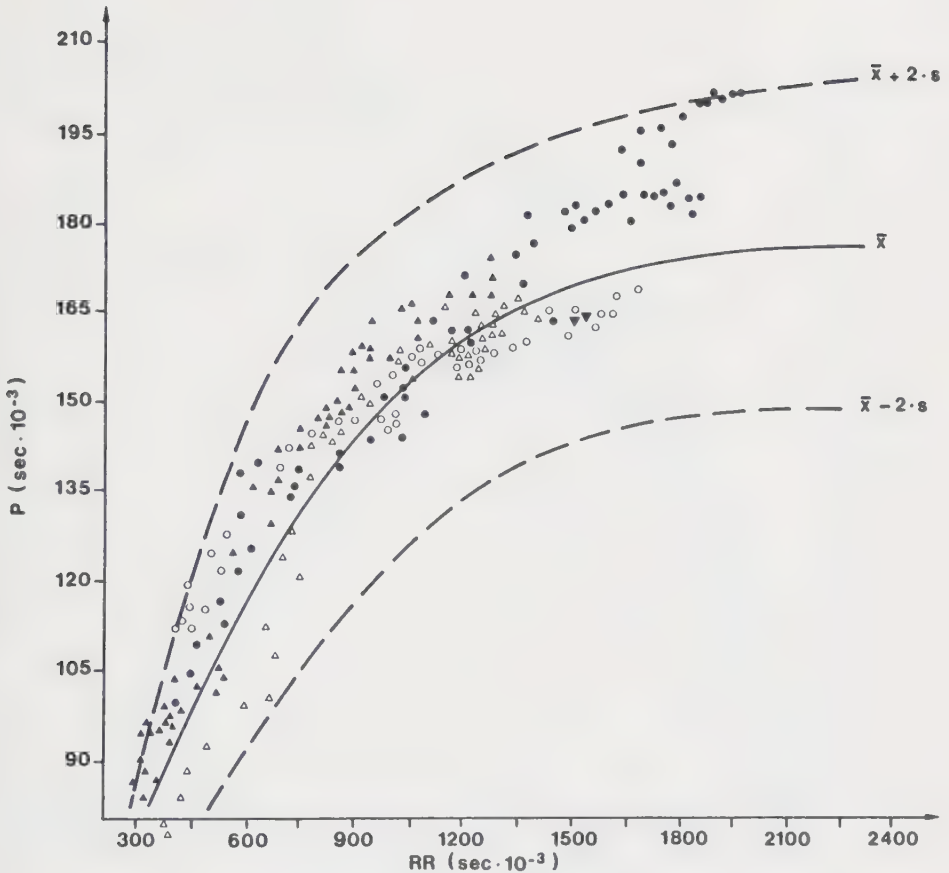


Abbildung 22

Eintragung aller Messwerte für die P-Dauer der Pferde mit Reizbildungs-Störungen.

- Pf 62/76: ● (Chinidin-therapierte Av-Dissoziation)  
 Pf 25/79: ○ (Atriale Extrasystolie)  
 Pf 9/80: ▲ (Ventriculäre Extrasystolie)  
 Pf 10/80: △ (Ventriculäre Extrasystolie)  
 Pf 32/76: ★ (Vorhofflimmern)  
 Pf 6/81: ☆ (Vorhofflimmern)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

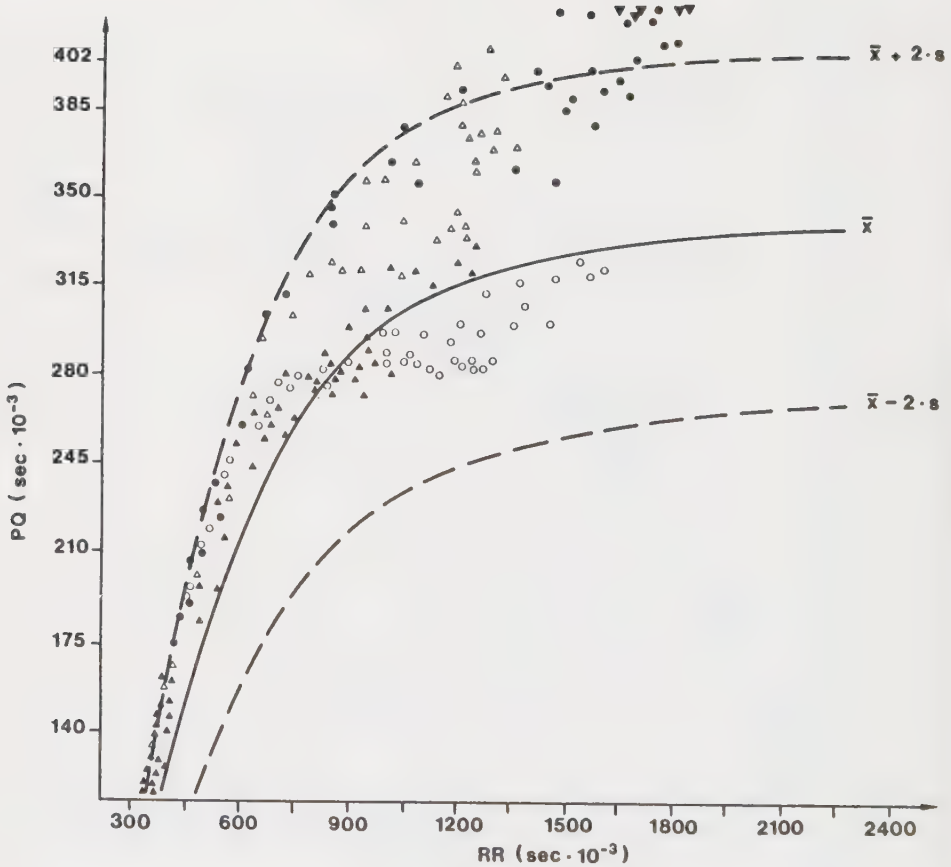


Abbildung 23

Eintragung aller Messwerte für die PQ-Dauer der Pferde mit Reizbildungs-Störungen.

- Pf 62/76: ● (Chinidin-therapierte  
Av-Dissoziation)  
Pf 25/79: ○ (Atriale Extrasystolie)  
Pf 9/80: ▲ (Ventrikuläre Extrasystolie)  
Pf 10/80: ▲ (Ventrikuläre Extrasystolie)  
Pf 32/76: ★ (Vorhofflimmern)  
Pf 6/81: ☆ (Vorhofflimmern)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

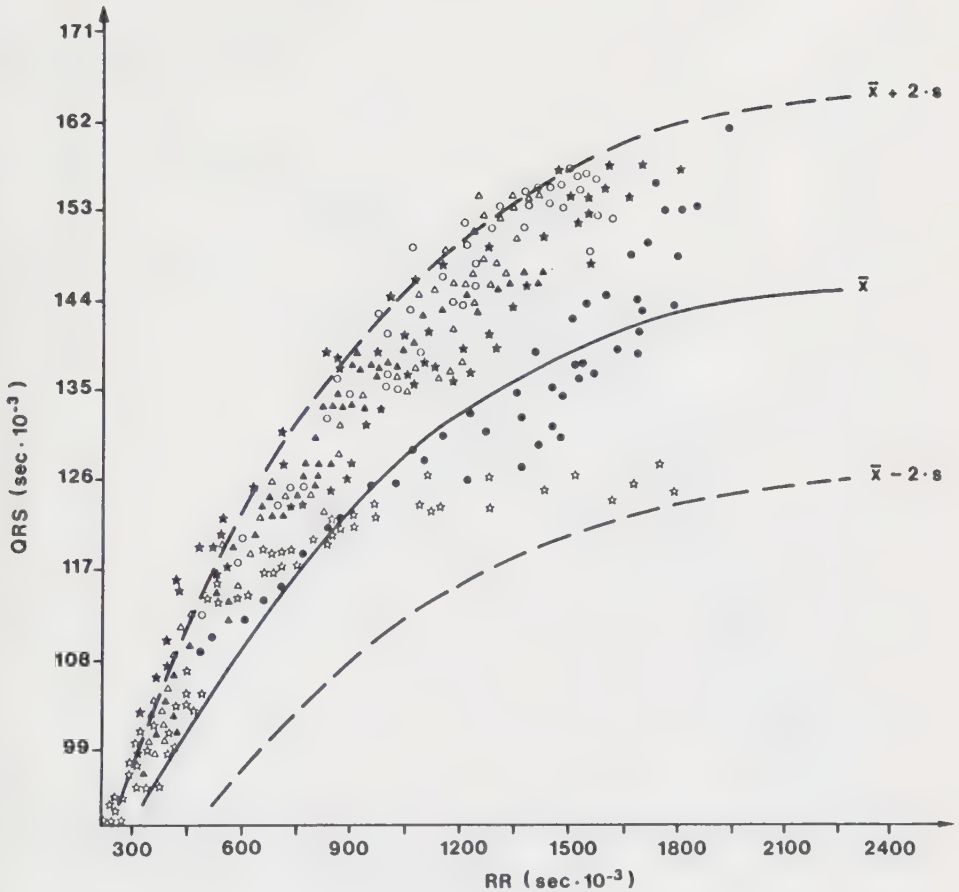


Abbildung 24

Eintragung aller Messwerte für die QRS-Dauer der Pferde mit Reizbildungs-Störungen.

- Pf 62/76:     ●     (Chinidin-therapierte  
                      Av-Dissoziation)  
Pf 25/79:     ○     (Atriale Extrasystolie)  
Pf 9/80:      ▲     (Ventrikuläre Extrasystolie)  
Pf 10/80:     △     (Ventrikuläre Extrasystolie)  
Pf 32/76:     ★     (Vorhofflimmern)  
Pf 6/81:      ☆     (Vorhofflimmern)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

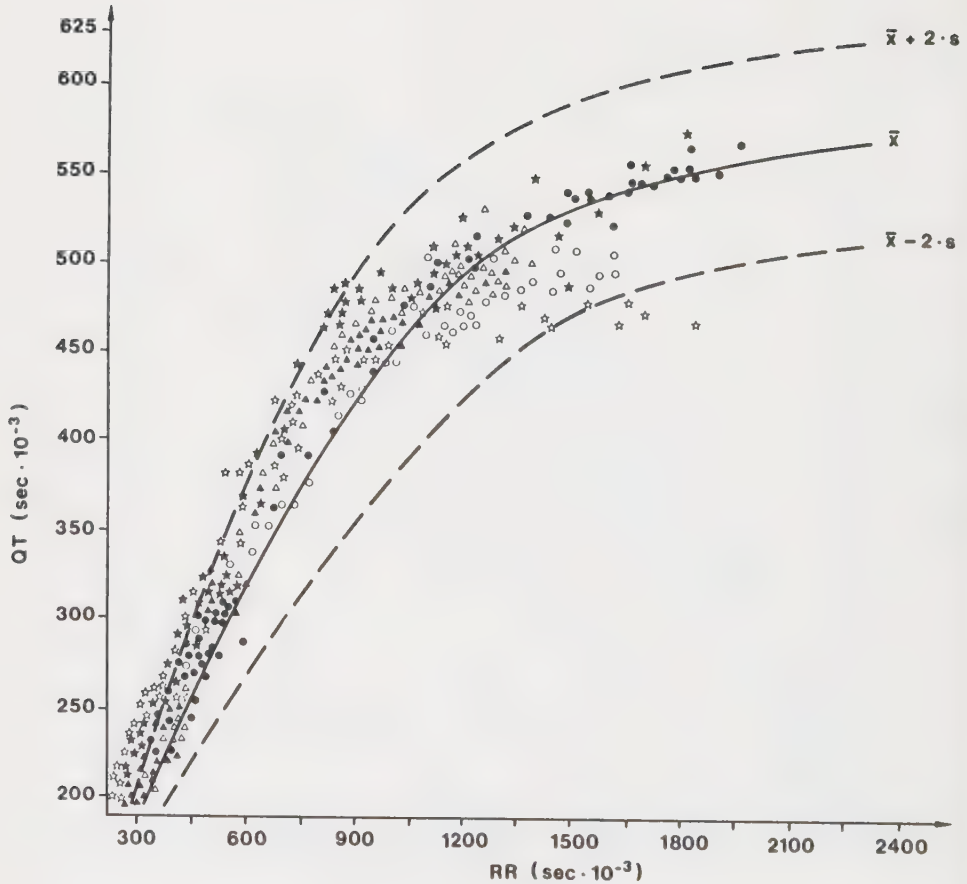


Abbildung 25

Eintragung aller Messwerte für die QT-Dauer der Pferde mit Reizbildungs-Störungen.

- Pf 62/76: ● (Chinidin-therapierte  
Av-Dissoziation)  
Pf 25/79: ○ (Atriale Extrasystolie)  
Pf 9/80: ▲ (Ventrikuläre Extrasystolie)  
Pf 10/80: △ (Ventrikuläre Extrasystolie)  
Pf 32/76: ★ (Vorhofflimmern)  
Pf 6/81: ☆ (Vorhofflimmern)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

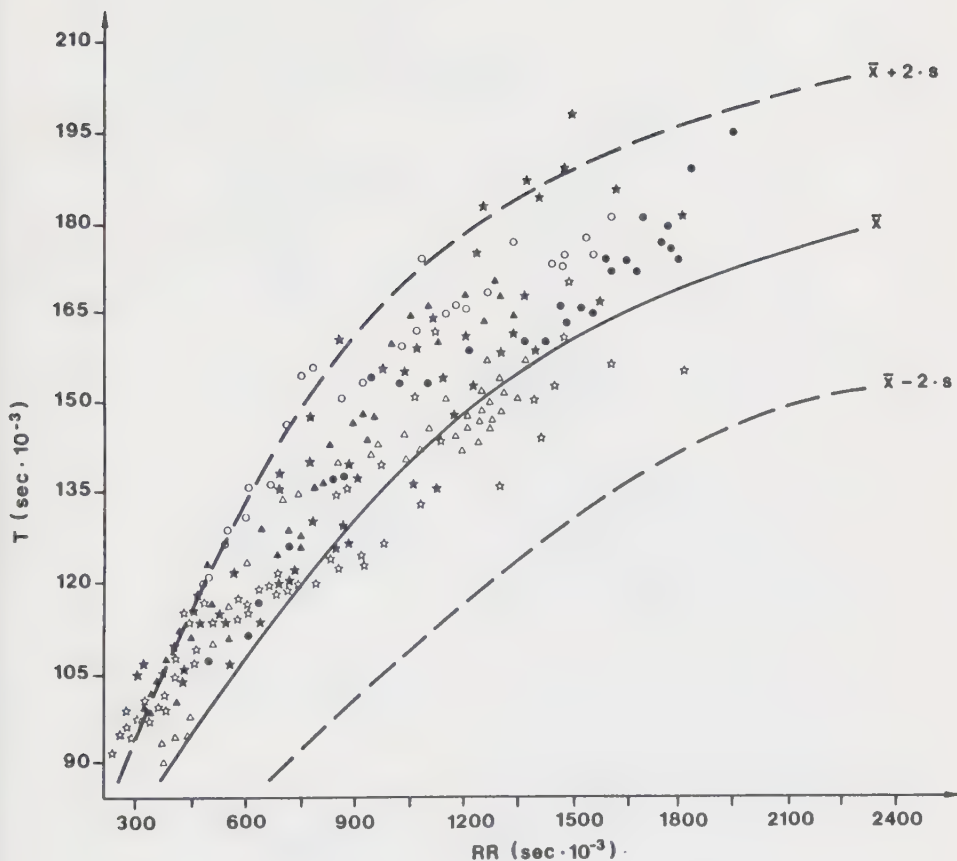


Abbildung 26

Eintragung aller Messwerte für die T-Dauer der Pferde mit Reizbildungs-Störungen.

- Pf 62/76: ● (Chinidin-therapierte Av-Dissoziation)  
 Pf 25/79: ○ (Atriale Extrasystolie)  
 Pf 9/80: ▲ (Ventrikuläre Extrasystolie)  
 Pf 10/80: △ (Ventrikuläre Extrasystolie)  
 Pf 32/76: ★ (Vorhofflimmern)  
 Pf 6/81: ☆ (Vorhofflimmern)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

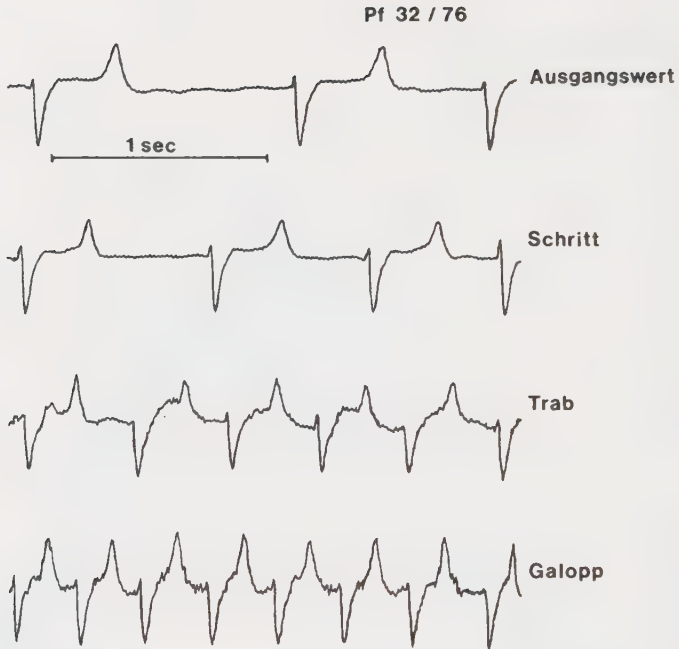


Abbildung 27

Pferd mit tachykardem Vorhofflimmern:  
Grosse und positive T-Zacken im Ruhe-  
EKG und bei Belastung.

Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse von Gruppe 2

| Prot. Nr. | Reizbildungs-Störung                                                                   | Interpretation der EKG-Befunde                                                                                                                                                                                                 |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pf 62/76  | inkomplette Av-Dissoziation, mit Chinidin erfolgreich therapiert                       | Verdacht einer Hypertrophie des linken Atriums, leichte Affektion von Vorhof- und Kammermyokard                                                                                                                                |
| Pf 25/79  | atriale Extrasystolie in Ruhe und nach Belastung                                       | Verdacht einer leichten Hypertrophie der Atrien und der Ventrikel, Affektion des Kammermyokards, Belastungsinsuffizienz aufgrund der erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung                                               |
| Pf 9/80   | ventrikuläre Extrasystolie zu Beginn der Belastung und paroxysmale Tachykardie in Ruhe | Verdacht einer Hypertrophie der Vorhöfe, Verdacht einer leichten Hypertrophie des rechten Ventrikels, Affektion von Vorhof- und Kammermyokard, Belastungsinsuffizienz aufgrund der erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung |
| Pf 10/80  | ventrikuläre Extrasystolie in Ruhe                                                     | Affektion des Vorhofmyokards, Verdacht einer Hypertrophie des linken Ventrikels, evt. Herzklappenfehler?, Belastungsinsuffizienz aufgrund der erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung                                      |
| Pf 32/76  | Vorhofflimmern                                                                         | Verdacht einer leichten Hypertrophie der Ventrikel, Affektion des Kammermyokards, Belastungsinsuffizienz aufgrund der stark erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung                                                        |
| Pf 6/81   | Vorhofflimmern                                                                         | Verdacht einer leichten Hypertrophie der Ventrikel, Affektion des Kammermyokards, Belastungsinsuffizienz aufgrund der stark erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung                                                        |

### 5.2.3. PFERDE MIT VERDACHT EINER MYOKARDERKRANKUNG

Diese Gruppe umfasst 6 Pferde, deren Anamnese, klinische Befunde und Resultate der Herz-Kreislaufuntersuchung den Verdacht einer Myokarderkrankung erweckten.

Die näheren Angaben zu den einzelnen Tieren sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

#### Herzschlagfrequenz

Abbildung 28 zeigt den Verlauf der Herzschlagfrequenzen während der Belastungs-Probe.

#### P-Dauer in Abhängigkeit von RR

Abbildung 29 macht deutlich, dass am Ende der Erholungsphase und in Ruhe (Messdaten im Bereich von  $RR > 1500 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ ) die P-Werte fast ausschliesslich innerhalb der Norm liegen.

#### PQ-Dauer in Abhängigkeit von RR

PQ-Verlängerungen traten bei den 3 Patienten auf, die bei Belastung vermehrt schwitzten oder unter Atemnot litten (Abbildung 30).

#### QRS-Dauer in Abhängigkeit von RR

Bei dieser Patientengruppe waren keine starken Vergrösserungen der QRS-Dauer auffällig (Abbildung 31).

#### QT-Dauer in Abhängigkeit von RR

Aus Abbildung 32 ist erkennbar, dass nur bei Belastung und ab Mitte der Erholungsphase QT-Verlängerungen auftreten (alle Messdaten im Bereich von  $RR = 300 - 550$  und  $RR > 1000 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ ).

#### T-Dauer in Abhängigkeit von RR

Bei Belastung und zu Beginn der Erholungsphase lag die T-Dauer für alle Tiere über den Mittelwerten gesunder Pferde (Messdaten bis zur oberen Grenze von  $RR = 750 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ ).

Beispiel zur Kurvenform

In dieser Patientengruppe beobachteten wir in einem Fall sehr starke ST-Elevationen bei Belastung (Abbildung 34). Die ST-Strecke nahm dabei einen deszendierenden Verlauf und normalisierte sich nicht bis zum Ende der Erholungsphase.

Tabelle 9: Patienten mit Verdacht auf eine Myokarderkrankung

| Prot. Nr. | Geschlecht | Rasse    | Alter<br>(Jahre) | Anamnese                                                                                               | Befunde aus dem Ruhe-EKG                                                           |
|-----------|------------|----------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Pf 30/76  | Stute      | Warmblut | 4                | Leistungsabfall, Herzgeräusch                                                                          | Sinusarrhythmie, biphasische P-Zacken, EKG-Rechtstyp                               |
| Pf 51/76  | Wallach    | Warmblut | 4                | Niederstürzen beim Longieren, vermehrtes Schwitzen bei Belastung                                       | keine Besonderheiten                                                               |
| Pf 63/76  | Wallach    | Warmblut | 5                | Leistungsabfall seit Druse-<br>erkrankung vor 6 Monaten                                                | z.T. biphasische P-Zacken,<br>EKG-Rechtstyp, grosse T-<br>Amplituden, Bradykardie. |
| Pf 9/77   | Hengst     | Vollblut | 6                | schwitzt sehr schnell                                                                                  | z.T. biphasische P-Zacken,<br>EKG-Rechtstyp                                        |
| Pf 1/78   | Wallach    | Warmblut | 14               | Leistungsabfall, Niederstürzen in Boxe                                                                 | grosse P <sub>2</sub> -Zacken, grosse T-<br>Amplituden                             |
| Pf 23/78  | Wallach    | Warmblut | 7                | seit 3 Monaten Dyspnoe bei Belastung, Herzrhythmus-Störungen, die nach Belastung verstärkt sein sollen | Sinusarrhythmie, Bradykardie, AV-Blöcke I+II, QT-Verlängerung                      |

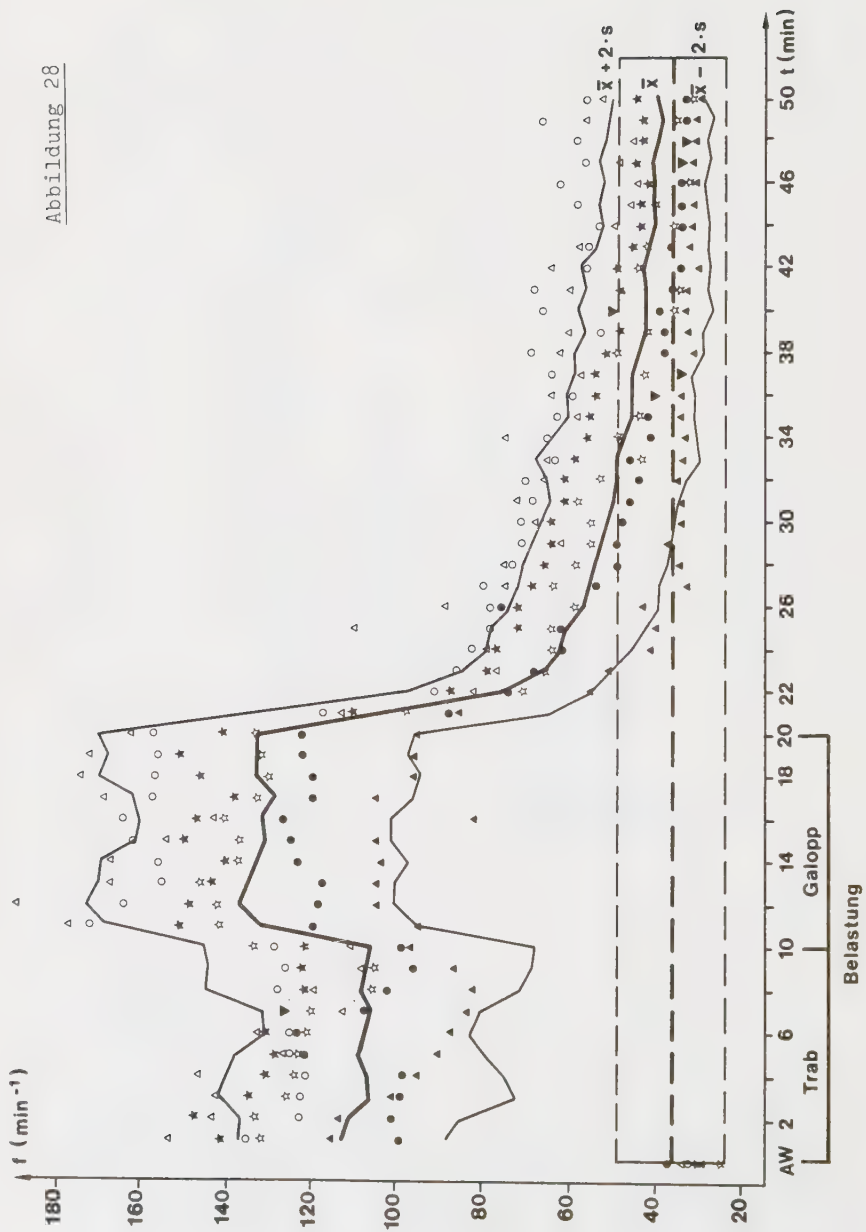
Abbildung 28

Eintragung aller Messwerte für die Herzschlagfrequenz der Pferde mit Verdacht auf eine Myokardaffektion.

|           |   |
|-----------|---|
| Pf 30/76: | ● |
| Pf 51/76: | ○ |
| Pf 63/76: | ■ |
| Pf 9/77:  | △ |
| Pf 1/78:  | ★ |
| Pf 23/78: | ☆ |

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

Abbildung 28



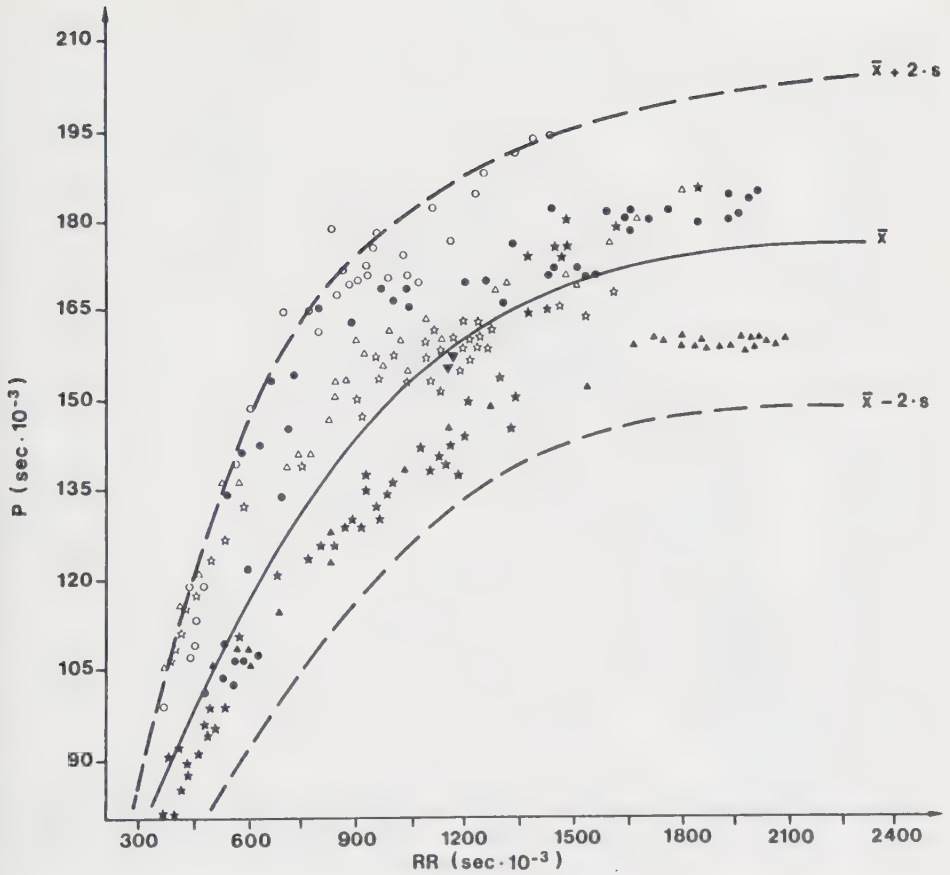


Abbildung 29

Eintragung aller Messwerte für die P-Dauer der Pferde mit Verdacht auf eine Myokardaffektion.

Pf 30/76: ●  
Pf 51/76: ○  
Pf 63/76: ▲  
Pf 9/77: △  
Pf 1/78: ★  
Pf 23/78: ☆

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

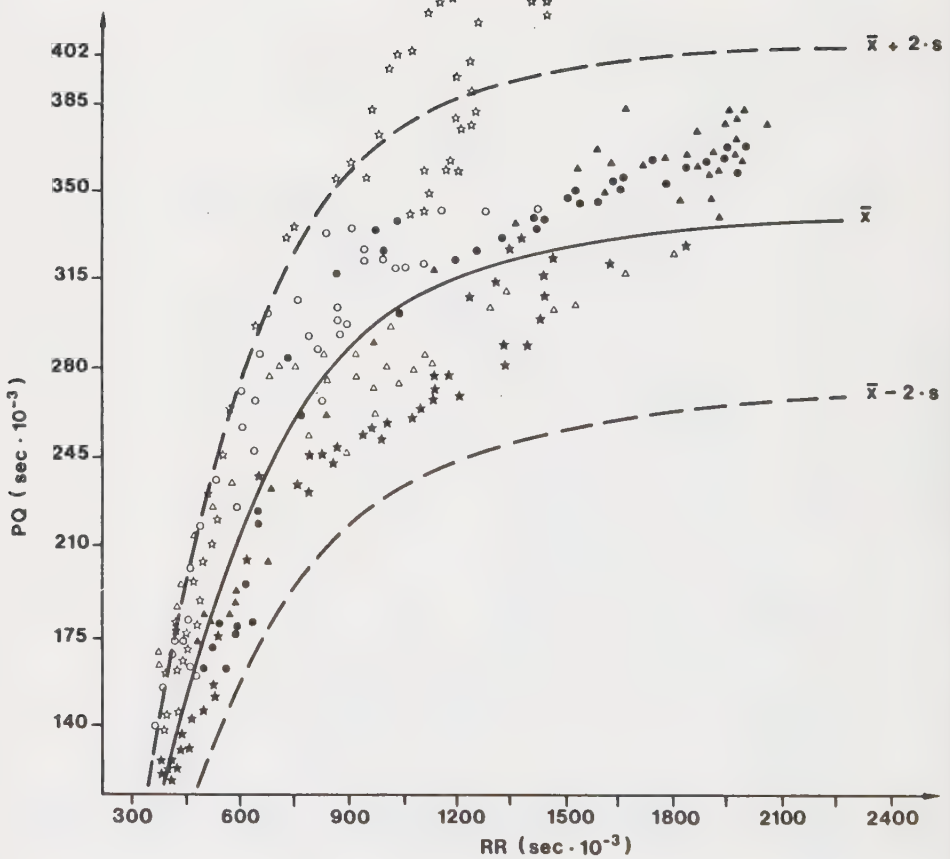


Abbildung 30

Eintragung aller Messwerte für die PQ-Dauer der Pferde mit Verdacht auf eine Myokardaffektion.

- Pf 30/76: ●
- Pf 51/76: ○
- Pf 63/76: ▲
- Pf 9/77: △
- Pf 1/78: ★
- Pf 23/78: ☆

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

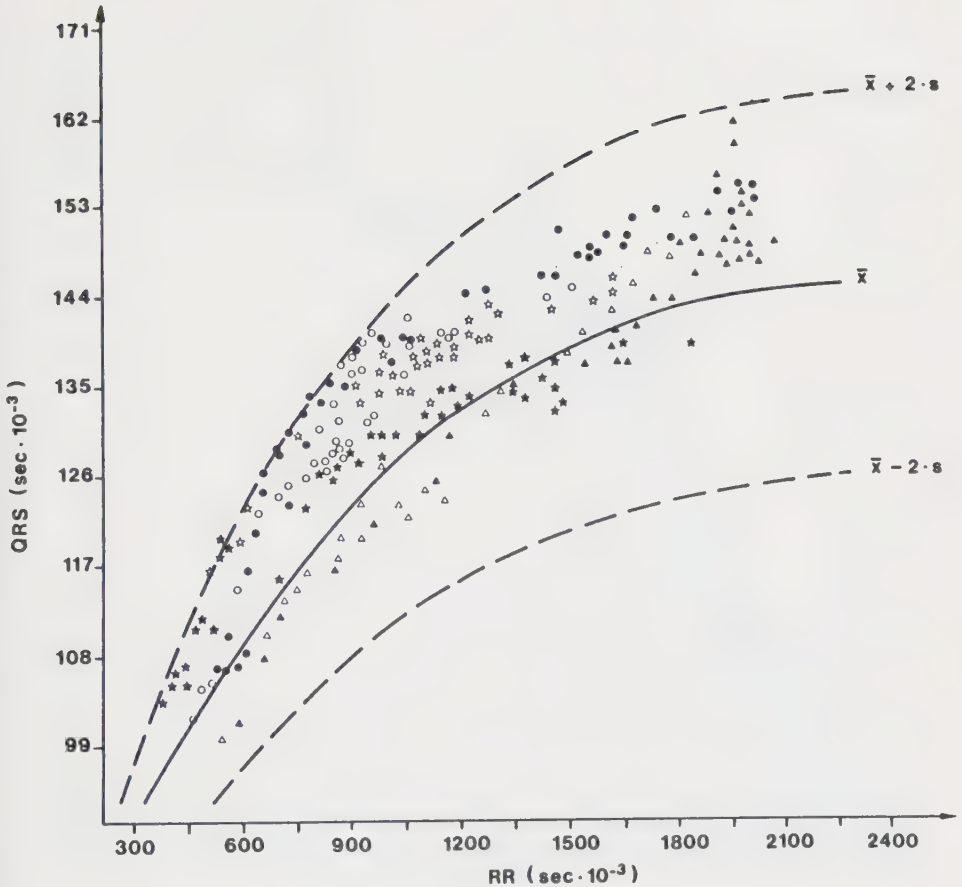


Abbildung 31

Eintragung aller Messwerte für die QRS-Dauer der Pferde mit Verdacht auf eine Myokardaffektion.

Pf 30/76: ●  
Pf 51/76: ○  
Pf 63/76: ▲  
Pf 9/77: △  
Pf 1/78: ★  
Pf 23/78: ☆

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

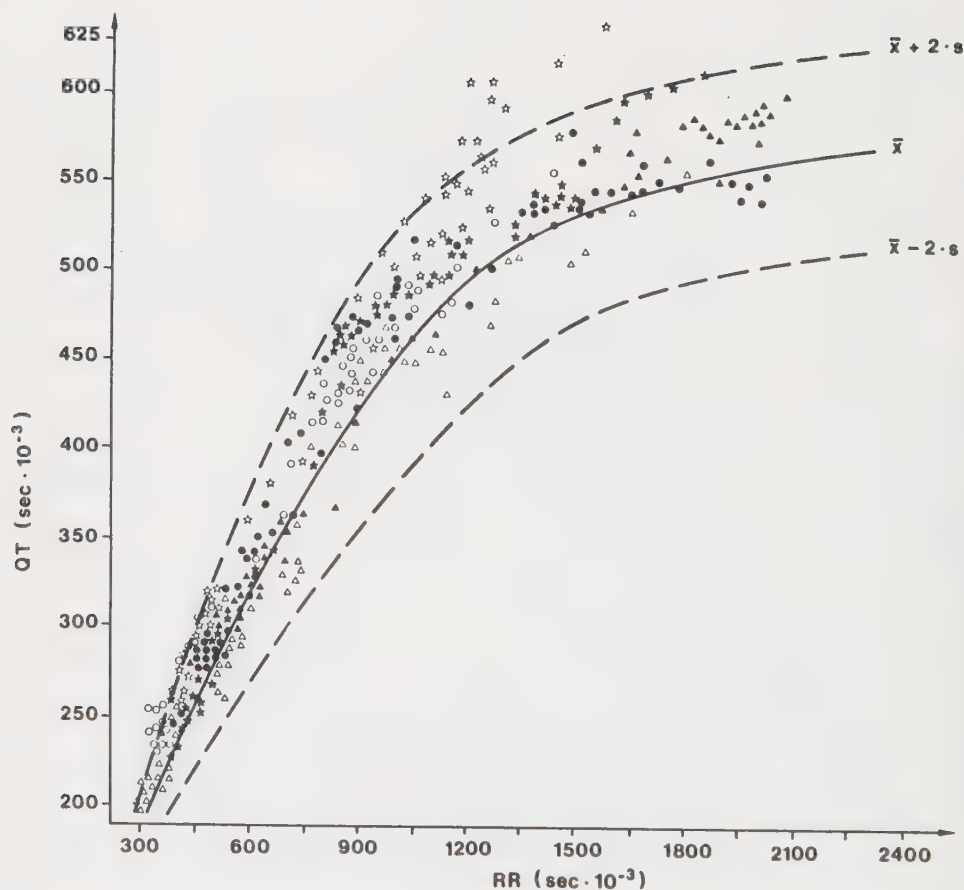


Abbildung 32

Eintragung aller Messwerte für die QT-Dauer der Pferde mit Verdacht auf eine Myokardaffektion.

Pf 30/76: ●  
 Pf 51/76: ○  
 Pf 63/76: ▲  
 Pf 9/77: △  
 Pf 1/78: ★  
 Pf 23/78: ☆

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

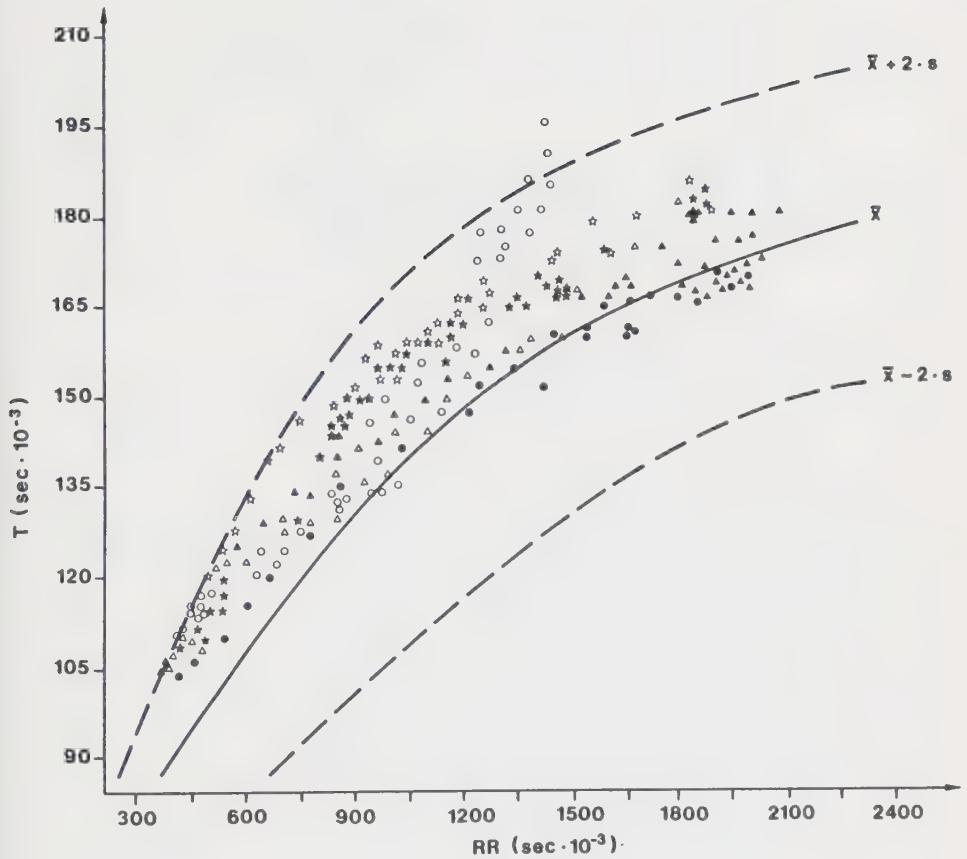


Abbildung 33

Eintragung aller Messwerte für die T-Dauer der Pferde mit Verdacht auf eine Myokardaffektion.

Pf 30/76: ●  
Pf 51/76: ○  
Pf 63/76: ▲  
Pf 9/77: △  
Pf 1/78: ★  
Pf 23/78: ☆

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

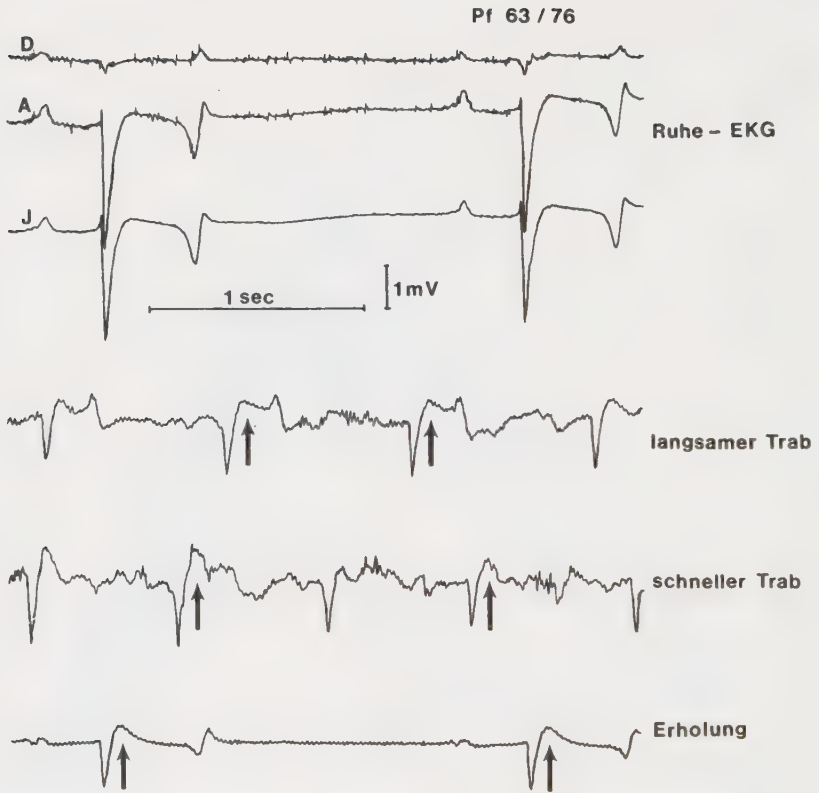


Abbildung 34

Pferd mit Affektion des Kammermyokards:  
Abnorm starke ST-Elevationen bei Belastung.

Tabelle 10: Zusammenfassung der Ergebnisse von Gruppe 3

| Prot. Nr. | Interpretation der EKG-Befunde                                                                                                                                                                                                         |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pf 30/76  | Verdacht einer leichten Hypertrophie der Atrien, Verdacht einer Hypertrophie des rechten Ventrikels, aber keine Hinweise auf eine Myokardaffektion, Herzklappenfehler nicht mit Sicherheit auszuschliessen                             |
| Pf 51/76  | Verdacht einer Hypertrophie der Atrien, Affektion von Vorhof- und Kammermyokard, leichte Belastungsinsuffizienz aufgrund der z.T. leicht erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung                                                   |
| Pf 63/76  | Verdacht einer Hypertrophie des rechten Ventrikels, Affektion des Kammermyokards, evt. Bezold-Jarisch-Reflex                                                                                                                           |
| Pf 9/77   | Verdacht einer leichten Hypertrophie der Atrien, Verdacht einer leichten Hypertrophie des rechten Ventrikels, Affektion von Vorhof- und Kammermyokard, Belastungsinsuffizienz aufgrund der erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung |
| Pf 1/78   | Verdacht einer leichten Hypertrophie des linken Vorhofs, Verdacht einer leichten Hypertrophie der Ventrikel, Affektion des Kammermyokards                                                                                              |
| Pf 23/78  | Verdacht einer leichten Hypertrophie der Atrien und der Ventrikel, Affektion von Vorhof- und Kammermyokard                                                                                                                             |

#### 5.2.4. PFERDE MIT EINER LUNGENAFFEKTION

Diese Gruppe setzt sich aus 4 Pferden zusammen, wobei die Diagnose einer Lungenerkrankung aufgrund der Anamnese und des klinischen Befundes gestellt wurde.

Tabelle 11 gibt eine Uebersicht über die Daten der einzelnen Tiere dieser Gruppe.

Der Patient Pf 32/77 wurde zweimal in der Physiologie vorgestellt und die Resultate beider Untersuchungen wurden in dieser Gruppe berücksichtigt.

##### Herzschlagfrequenz

Abbildung 35 zeigt den Verlauf der Herzschlagfrequenz während der gesamten Belastungs-Probe.

##### P-Dauer in Abhängigkeit von RR

Die Messdaten der 4 Patienten lagen bis gegen Ende der Erholung (bis  $RR = 1350 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ ) zum grössten Teil über den Mittelwerten gesunder Pferde (Abbildung 36).

##### PQ-Dauer in Abhängigkeit von RR

Abbildung 37 weist keine pathologischen Av-Blöcke 1. Grades auf.

##### QRS-Dauer in Abhängigkeit von RR

Abbildung 38 macht deutlich, dass praktisch nur die Messdaten des Pferdes Pf 47/77 unterhalb der Mittelwerte gesunder Pferde liegen.

##### QT-Dauer in Abhängigkeit von RR

Alle 4 Patienten dieser Gruppe zeigen im Verlaufe der Belastungs-Probe einmal eine Verlängerung der QT-Dauer (Abbildung 39).

### T-Dauer in Abhängigkeit von RR

Abbildung 40 lässt erkennen, dass bis gegen Ende der Erholung (bis  $RR = 1450 \text{ sec} \cdot 10^{-3}$ ) fast alle Messdaten über den Mittelwerten gesunder Pferde liegen.

### Beispiel zur Kurvenform

In dieser Patientengruppe fanden wir bei einem Pferd mit ausgeprägter Lungenaffektion abnorm hohe T-Amplituden in der Galopp-Belastung (Abbildung 41).

Tabelle 11: Patienten mit einer Lungenerkrankung

| Prot. Nr. | Geschlecht | Rasse    | Alter<br>(Jahre) | Anamnese                                                                         | Befunde aus dem Ruhe-EKG                                 |
|-----------|------------|----------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Pf 21/77  | Wallach    | Warmblut | 9                | Leistungsabfall, Nasenausfluss                                                   | leichte Tachykardie                                      |
| Pf 32/77  | Wallach    | Vollblut | 11               | Leistungsabfall, Apathie, Inappetenz, Husten, vermehrtes Schwitzen, Herzgeräusch | Tachykardie, grosse P <sub>2</sub> -Zacken, EKG-Linkstyp |
| Pf 47/77  | Wallach    | Warmblut | 7                | vor 6 Monaten gekauft, jetzt Husten                                              | EKG-Rechtstyp                                            |
| Pf 26/78  | Wallach    | Warmblut | 15               | rasche Ermüdung und Dyspnoe nach Belastung                                       | EKG-Linkstyp                                             |

Abbildung 35

Eintragung aller Messwerte für die Herzschlagfrequenz der Pferde mit einer Lungenaffektion.

Pf 21/77: ● (Lungenemphysem)

Pf 32/77  
1. US: ▲ (Lungenemphysem)

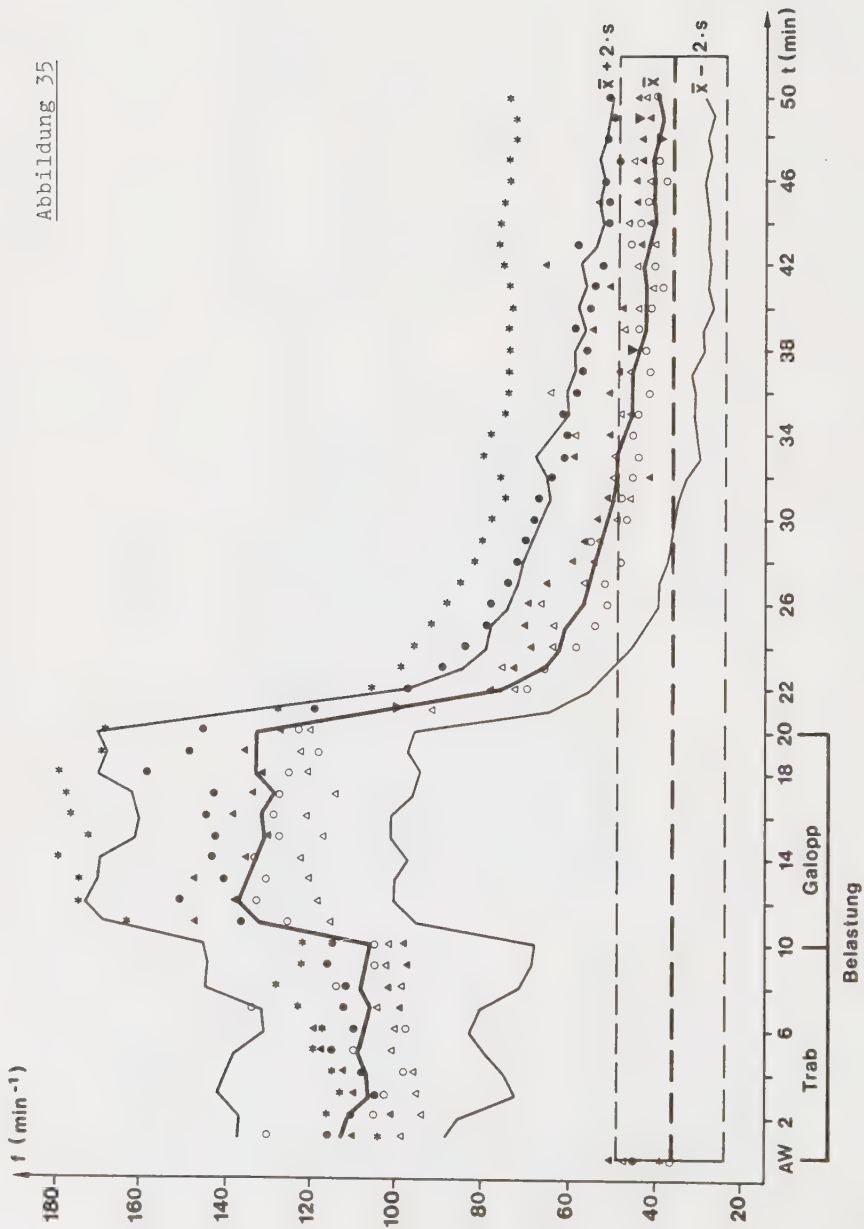
2. US: Δ "

Pf 47/77: ○ (Lungenstauungen)

Pf 26/78: \* (Lungenaffektion)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

Abbildung 35



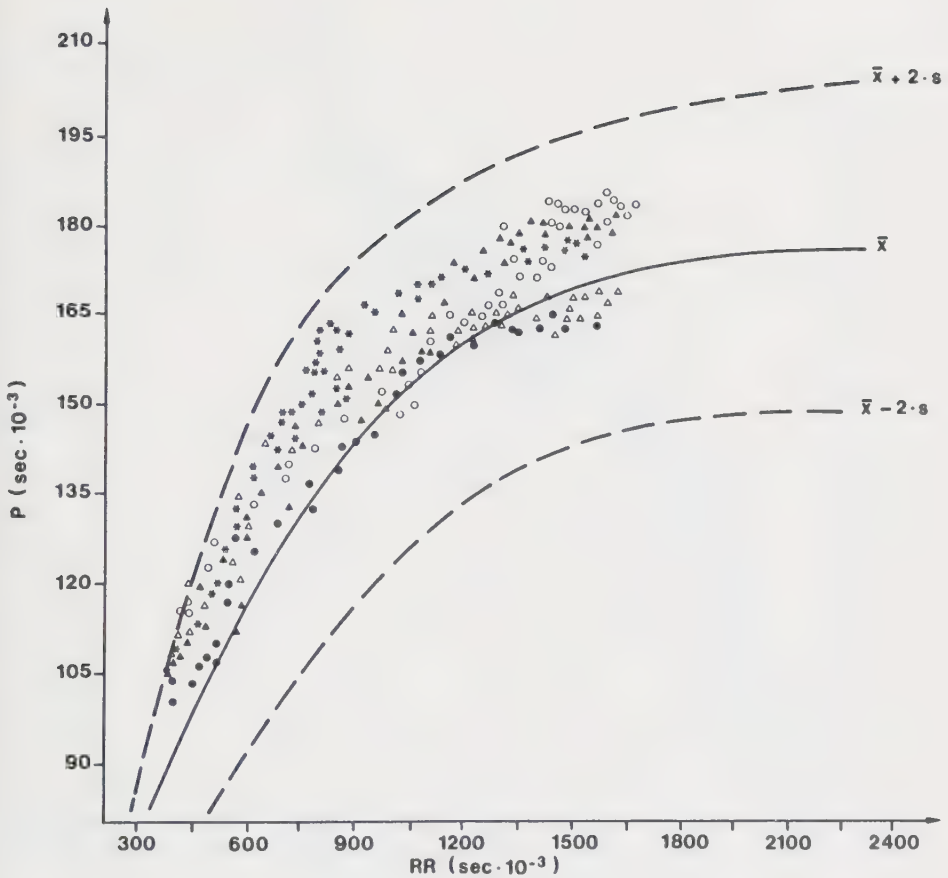


Abbildung 36

Eintragung aller Messwerte für die P-Dauer der Pferde mit einer Lungenaffektion.

Pf 21/77:  $\bullet$  (Lungenemphysem)

Pf 32/77:  $\blacktriangle$  (Lungenemphysem)

1. US:  $\blacktriangle$  "

Pf 47/77:  $\circ$  (Lungenstauungen)

Pf 26/78:  $*$  (Lungenaffektion)

Beim Symbol  $\blacktriangledown$  fallen mehrere Punkte zusammen.

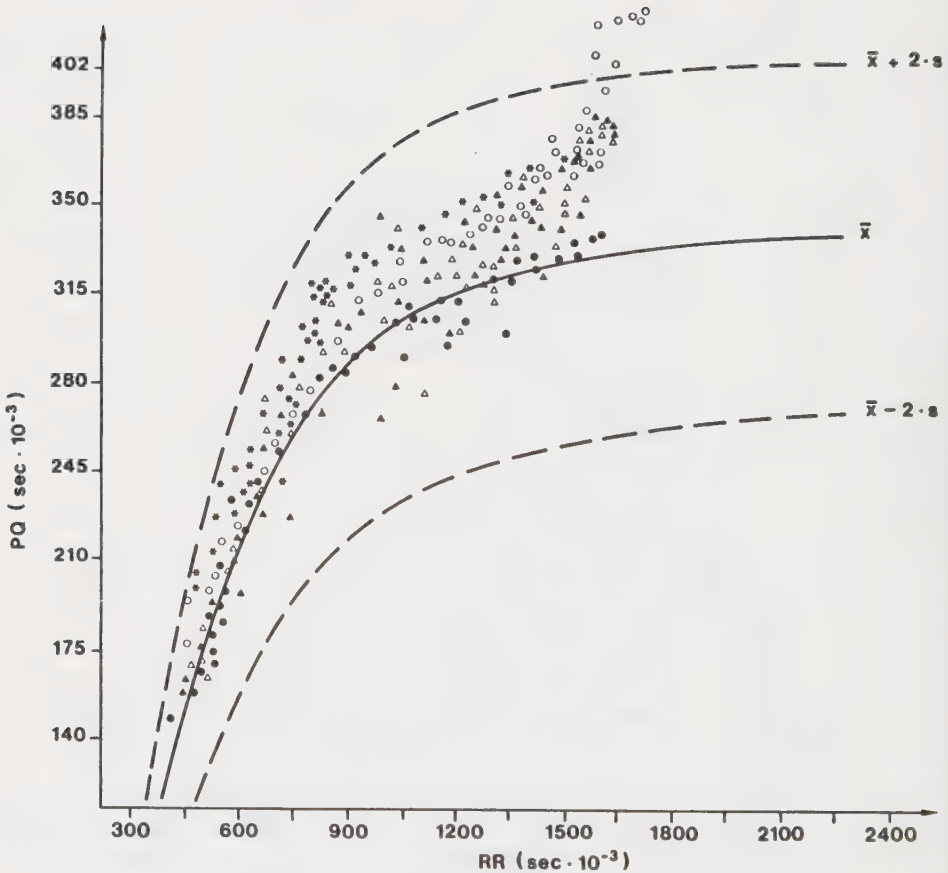


Abbildung 37

Eintragung aller Messwerte für die PQ-Dauer der Pferde mit einer Lungenaffektion.

- Pf 21/77: ● (Lungenemphysem)  
Pf 32/77:    ( ) (Lungenemphysem)  
1. US: ▲ (Lungenemphysem)  
2. US: △ "  
Pf 47/77: ○ (Lungenstauungen)  
Pf 26/78: \* (Lungenaffektion)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

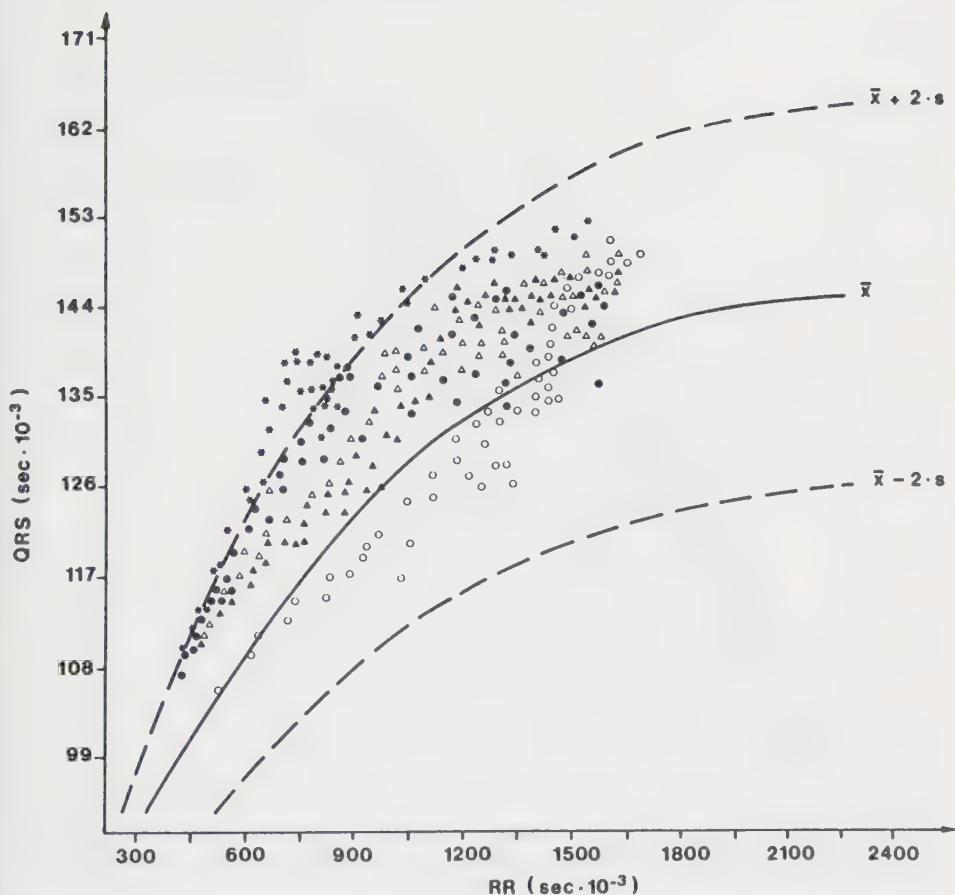


Abbildung 38

Eintragung aller Messwerte für die QRS-Dauer der Pferde mit einer Lungenaffektion.

- Pf 21/77: ● (Lungenemphysem)  
 Pf 32/77: ▲ (Lungenemphysem)  
 1. US: ▲ "  
 2. US: △ "  
 Pf 47/77: ○ (Lungenstauungen)  
 Pf 26/78: \* (Lungenaffektion)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

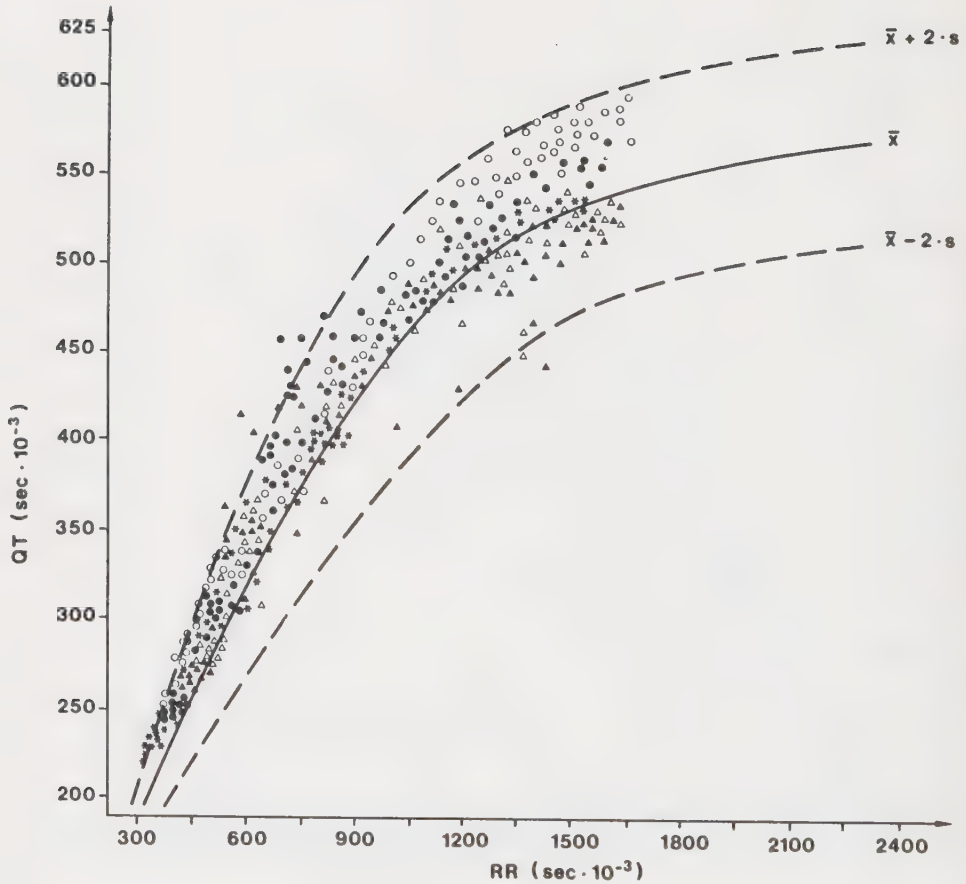


Abbildung 39

Eintragung aller Messwerte für die QT-Dauer der Pferde mit einer Lungenaffektion.

- Pf 21/77: ● (Lungenemphysem)  
 Pf 32/77  
     1. US: ▲ (Lungenemphysem)  
     2. US: △ "  
 Pf 47/77: ○ (Lungenstauungen)  
 Pf 26/78: \* (Lungenaffektion)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

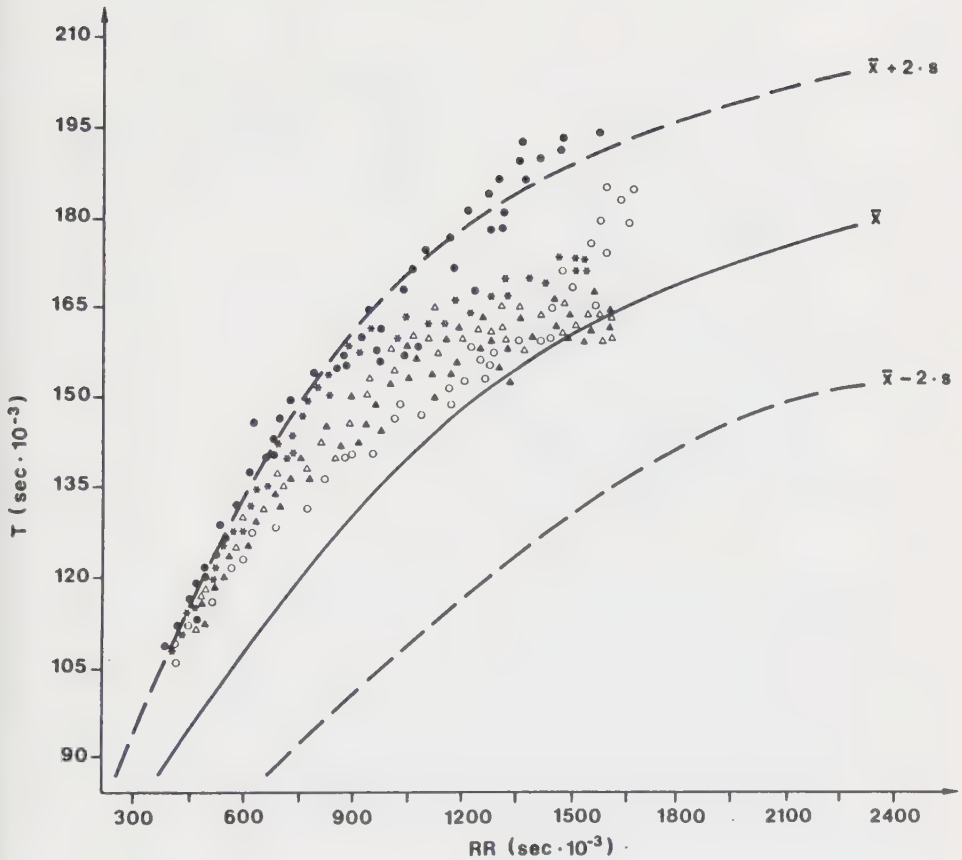


Abbildung 40

Eintragung aller Messwerte für die T-Dauer der Pferde mit einer Lungenaffektion.

- Pf 21/77: ● (Lungenemphysem)  
Pf 32/77:    (Lungenemphysem)  
1. US: ▲ (Lungenemphysem)  
2. US: ▲ "  
Pf 47/77: ○ (Lungenstauungen)  
Pf 26/78: \* (Lungenaffektion)

Beim Symbol ▼ fallen mehrere Punkte zusammen.

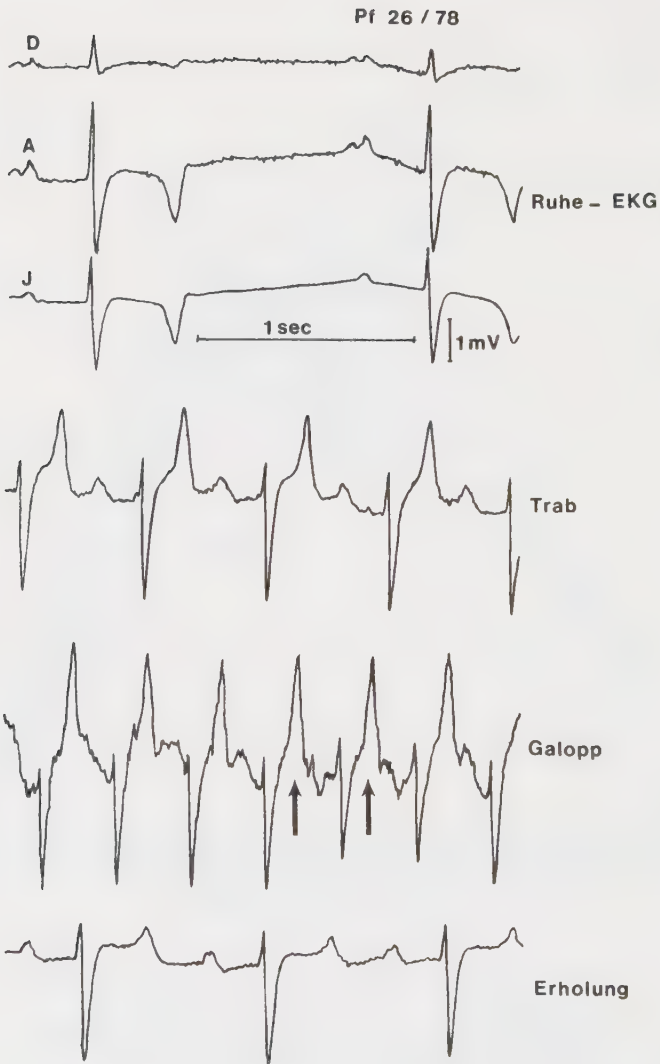


Abbildung 41

Pferd mit einer Lungenaffektion:

Abnorm grosse T-Zacken bei Galopp-Belastung.

Tabelle 12: Zusammenfassung der Ergebnisse von Gruppe 4

| Prot. Nr. | Lungenkrankung                            | Interpretation der EKG-Befunde                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pf 21/77  | Lungenemphysem                            | Verdacht einer leichten Hypertrophie der Ventrikel, Affektion des Kammermyokards                                                                                                                                                                                   |
| Pf 32/77  | Lungenemphysem                            | <p>Verdacht einer Hypertrophie von linkem Vorhof und linkem Ventrikel, Verdacht eines zusätzlichen Herzklappenfehlers.</p> <p>Bei der 1. Untersuchung zeigte sich zudem eine Affektion des Kammermyokards, die bei der 2. Untersuchung aber nicht mehr vorlag.</p> |
| Pf 47/77  | Lungenstauungen<br>Bronchitis?            | Verdacht einer leichten Hypertrophie der Atrien, Verdacht einer Hypertrophie des rechten Ventrikels, Affektion des Kammermyokards                                                                                                                                  |
| Pf 26/78  | Lungenaffektion,<br>nicht näher abgeklärt | Verdacht einer Hypertrophie des linken Ventrikels, Affektion des Kammermyokards, Belastungsinsuffizienz aufgrund der erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung                                                                                                   |



## 6. DISKUSSION

### 6.1. HERZSCHLAGFREQUENZ

Die von uns ermittelten Ruhe-Herzschlagfrequenzen streuen sowohl beim Einzeltier als auch innerhalb der gesamten Tiergruppe relativ stark. Dieses Ergebnis ist verständlich, wird doch die Herzschlagfrequenz durch das Zusammenspiel von Sympathikus- und Parasympathikustonus, durch humorale Katecholamine sowie durch die Körpertemperatur beeinflusst (Hamlin et al., 1972).

Die ungewohnte Umgebung im Faraday-Käfig sowie das Festkleben der Silberplättchen-Elektroden auf der Haut irritierte vor allem nervöse Tiere, die dann während der gesamten Untersuchung einen beschleunigten Puls aufwiesen.

Ueber die Ruhe-Herzschlagfrequenz des Pferdes sind in der Literatur recht unterschiedliche Angaben zu finden (Tabelle 1). Der Grund liegt darin, dass einerseits die Untersuchungsbedingungen und Messmethoden sehr differieren, und dass andererseits individuelle Faktoren wie Alter, Geschlecht, Rasse und Kondition der Tiere nur selten berücksichtigt werden. Der Einfluss des Trainings auf die Ruhefrequenz des Pferdes wird verschieden beurteilt. Spörri (1952), Kroneman (1965), Marsland (1968) und Lutz et al. (1976) befürworten das Vorkommen einer Trainingsvagotonie bzw. einer Trainingsbradykardie wie sie auch beim Hochleistungssportler zu beobachten ist (Reindell et al., 1977). Bassan und Ott (1968), Wittke und Bayer (1968), Ehrlein et al. (1970), Milne et al. (1977) und v. Engelhardt (1979) hingegen bestreiten einen Zusammenhang zwischen Ruhe-Herzschlagfrequenz und Trainingszustand beim Pferd.

Das Pferd besitzt eine enorme Leistungsreserve. Bei schwerer Arbeit kann die Herzschlagfrequenz um das 6- bis 8-fache der Ruhe-Werte gesteigert werden (Hörnicker et al., 1977; v. Engelhardt, 1979).

Zu Beginn der Belastung nehmen zuerst die Herzschlag- und die Atemfrequenz zu, während sich die weiteren Parameter des O<sub>2</sub>-Versorgungssystems etwas langsamer anpassen. Ungefähr eine Minute nach Beginn der Belastung stellt sich die Herzschlagfrequenz auf ein mehr oder weniger konstantes Niveau ein, solange sich die Intensität der Arbeit nicht ändert (Bassan und Ott, 1968; Mestries und Courtot, 1979; v. Engelhardt, 1979).

Die von uns erstellte Verlaufskurve (Abbildung 8) zeigt dieses Phänomen sehr deutlich. Kurz nach Beginn des Galoppes stellt sich die Herzschlagfrequenz auf ein höheres Niveau ein, das bis zum Ende der Galopp-Belastung gehalten wird. Die beobachteten leichten Schwankungen der Herzschlagfrequenz sind der Inkonstanz der Laufgeschwindigkeit zuzuschreiben.

#### Kranke Pferde

In der 1. Patientengruppe wurde vor allem bei den älteren Pferden aufgrund der erhöhten Herzschlagfrequenzen bei Belastung eine Belastungs- oder Arbeitsinsuffizienz diagnostiziert. Dank der enormen Leistungsreserven können an Klappenfehlern erkrankte Tiere die Störungen der Hämodynamik über lange Zeit kompensieren. Zeigt ein Patient eine Belastungsinsuffizienz, so dürfte bereits ein fortgeschrittenes Stadium der Klappeninsuffizienz vorliegen. Persson (1968) und Maier (1976) beschreiben bei Pferden mit Herzklappenfehlern deutlich erhöhte Belastungsfrequenzen mit verminderter Leistungsfähigkeit. Die Belastungs-Herzschlagfrequenz steigt dabei umso steiler an, je kleiner das Schlagvolumen ist.

In der 2. Patientengruppe waren bei den Pferden mit Vorhofflimmern extreme Belastungsinsuffizienzen zu beobachten.

Bei dieser Reizbildungs-Störung liegt die Belastungsfrequenz um ca. 30% höher als bei gesunden Pferden, wobei die Ventrikelfrequenz bis auf 300/min ansteigen kann (Holmes und Alps, 1966; Holmes et al., 1969; Persson, 1968; Deegen, 1971, 1976; Maier, 1976; Steel et al., 1976).

In der gleichen Gruppe zeigten auch Pferde mit paroxysmaler Tachykardie und atrialer oder ventrikulärer Extrasystolie erhöhte Belastungsfrequenzen.

Paroxysmale Tachykardien sind ungünstig zu bewerten, da sie zu einer Arbeitsinsuffizienz führen. Bei häufigem Auftreten von paroxysmalen ventrikulären Tachykardien besteht der Verdacht einer Herzerkrankung sowie die Gefahr eines Ueberganges zu Kammerflimmern (Brooijmans, 1957; Too, 1960; Senta et al., 1971; Detweiler und Patterson, 1972; Deegen, 1974, 1976, 1981).

In der 3. Patientengruppe war nur bei einem Tier eine deutliche Belastungsinsuffizienz augenfällig.

Nach Hall et al. (1976) können Pferde mit verdächtigen Ruhe-Elektrokardiogrammen höhere Belastungsfrequenzen aufweisen als Patienten mit eindeutig pathologischem Ruhe-EKG. Diese Autoren vermuten bei ersteren einen akuten Prozess im Myokard, während sie bei letzteren bereits von einem chronischen Verlauf sprechen.

In der 4. Patientengruppe zeigte ein Pferd eine Arbeitsinsuffizienz mit stark verzögerter Erholung.

Bei Pferden mit chronischem Lungenemphysem ist die Ruhefrequenz signifikant höher als bei gesunden Kontrolltieren (Eberly et al., 1966; Bergsten, 1974; Littlejohn et al., 1977). Die Belastungsfrequenzen sind umso höher, je stärker die Lungenfunktion beeinträchtigt ist und bei stark dämpfigen Pferden verläuft die Erholung sehr langsam (Zeller, 1960; Maier, 1976; Littlejohn et al., 1977). Maier stellte jedoch bei Patienten mit leichtgradiger, chronischer Bronchitis keine erhöhten Belastungsfrequenzen fest.

Pferde können eine Funktionsstörung im kardio-pulmonalen Organ-system lange kompensieren. Normale Herzschlagfrequenzen bei Belastung sind daher noch keine Garantie für Gesundheit. Oft fanden wir bei Patienten mit Belastungsinsuffizienzen eine normale Erholung. Tiere mit abnormem Verlauf der Erholung wiesen aber immer auch erhöhte Belastungsfrequenzen auf. Die Aussagekraft der Belastungs-Herzschlagfrequenzen ist demnach grösser als die der Erholungswerte, d.h. eine Insuffizienz kommt eher während der Belastung als in der Erholungsphase zum Ausdruck.

## 6.2. EKG-ZEITWERTE UND KURVENFORM

### 6.2.1. P-ZACKE

Die P-Zacke ist beim Pferd in den meisten Ableitungen des Ruhe-Elektrokardiogramms zweigipflig, kann aber in ihrer Form sehr variabel sein (Bohn, 1967; Hamlin et al., 1970; Muyllé und Oyaert, 1975; Grauerholz, 1979).

Die Dauer der Vorhofzacke zeigt starke Schwankungen. Das ist weiter nicht erstaunlich, denn bei den untersuchten Pferden lagen sehr unterschiedliche Herzschlagfrequenzen vor.

Der Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren (Tabelle 2) macht deutlich, dass unsere Werte am besten mit den Angaben von Kusachi und Sato (1955), Baron et al. (1970), Tschudi (1978) und Beglinger et al. (1980) übereinstimmen.

Eine Erhöhung des Sympathikustonus wirkt am Herzen positiv dromotrop. Wir haben somit bei einer Steigerung der Herzschlagfrequenz eine Verkürzung der P-Dauer zu erwarten (Landgren und Rutqvist, 1953; Corticelli, 1955; Kroneman, 1965; Bayer, 1966; Baron et al., 1970; Reinhard und Zichner, 1970; Deegen, 1974; Steel et al., 1976).

Nach Grauerholz (1979) kommt die Aenderung der P-Dauer dadurch zustande, dass der 1. Anteil der zweigipfligen Vorhofzacke ( $P_1$ ) allmählich schwindet, während  $P_2$  sich kaum verändert. Die P-Zacke wird somit schliesslich eingipflig.

Die Regressionskurve (Abbildung 9) zeigt die erwartete Auswirkung der positiven Dromotropie. In der Literatur lassen sich nur selten genaue Angaben zur Aenderung der P-Dauer finden (Kapitel 3.2.4.).

Der Vergleich mit den von Reinhard und Zichner (1970) und Grauerholz (1979) veröffentlichten Daten zeigt, dass die von uns ermittelten P-Zeitwerte grösser sind (Abbildung 42).

Die Gründe dafür sind in folgenden Punkten zu suchen:

1. Reinhard und Zichner sowie Grauerholz haben ihre Resultate mit Hilfe der Computertechnik ermittelt. Bei Auswertungen, die wie bei uns von Hand durchgeführt werden, dürfte eine genauere Messung möglich sein.
2. Die Empfindlichkeit des Aufnahmegerätes spielt eine grosse Rolle. Wird die Apparatur z.B. mit 1 mV = 0,5 cm geeicht, so können kleine Potentialdifferenzen undeutlich oder sogar kaschiert werden und so zu kurze Zeitwerte ergeben. Auch eine Filterung der Geräte hat die gleichen Auswirkungen.
3. Beim Pferd tritt häufig ein sogenannter wandernder Schrittmacher auf (Brooijmans, 1957; Spörri und Stünzi, 1969; Hamlin et al., 1970; Deegen, 1974, 1976). Die P-Zacke wird dabei in Form und Grösse verändert. Wir haben nun für unsere Messungen eindeutig verkürzte Vorhofzacken nicht berücksichtigt, hätten sie doch die Resultate stark beeinflusst. Bei einer elektronischen Auswertung der Kurven ist diese Selektion aber nicht möglich und die so ermittelten Zeitwerte müssen daher niedriger liegen als unsere Resultate.

### Kranke Pferde

In der 1. Patientengruppe zeigten 7 von 10 Pferden eine Verlängerung der P-Dauer und zwar am deutlichsten die Tiere mit Mitralinsuffizienz und atrialer Extrasystolie. Die überhöhten  $P_2$ -Zacken deuten aber auch in weiteren Fällen auf eine Hypertrophie der linken Vorhöfe, so dass ein kausaler Zusammenhang mit den bei all diesen Pferden auftretenden Vorhof-Extrasystolen bestehen dürfte.

Vergrösserungen von  $P_2$  wurden bei Insuffizienzen der Mitral- und Aortenklappe beschrieben (Nörr, 1920; Spörri, 1949; Hamlin et al., 1970; Deegen, 1972).

In der Gruppe mit Reizbildungs-Störungen war bei einem Pferd mit atrialer Extrasystolie, genau wie bei den Patienten in Gruppe 1, eine Verlängerung der P-Dauer festzustellen.

Atriale Extrasystolen treten selten bei klinisch gesunden Pferden auf, sondern gehen meistens mit kardialen oder extrakardialen Erkrankungen einher (Brooijmans, 1957; Holmes und Alps, 1966; Deegen, 1976; Glazier et al., 1979).

Bei den Pferden mit Verdacht einer Myokardaffektion wiesen zwei eine vergrösserte P-Dauer auf.

Affektionen des Vorhofmyokards können sich als intraaurikuläre Erregungsleitungs-Störungen, häufiger jedoch als Störungen der atrioventrikulären Impulsübertragung manifestieren, wenn auch das RB- und EL-System betroffen ist (Spörri und Stünzi, 1969).

In der Gruppe mit Lungenaffektionen konnten wir bei 2 Tieren vergrösserte Zeitwerte beobachten.

Die von Deegen (1972) beschriebene Vergrösserung von  $P_1$  durch eine Ueberlastung des rechten Herzens war bei keinem unserer Patienten festzustellen. Auffällig waren jedoch die häufig biphasischen P-Zacken in Zusammenhang mit einem EKG-Rechtstyp.

Eine Hypertrophie der Vorhöfe ist von einer vergrösserten P-Dauer und/oder von einer Veränderung der Kurvenform abzuleiten (Deegen, 1972; Grauerholz, 1980).

#### 6.2.2. PQ-INTERVALL

Nach Corticelli (1955) besteht keine Korrelation zwischen der PQ-Dauer und der Herzschlagfrequenz und Börnert et al. (1964) haben nur eine geringe PQ-Verkürzung bei Belastung beobachtet.

Unsere Regressionskurve für die Abhängigkeit der PQ-Dauer von der Herzschlagfrequenz (Abbildung 10) zeigt eine deutliche Auswirkung der positiven Dromotropie, wie sie von vielen Autoren festgestellt wurde.

Abbildung 43 zeigt den Vergleich unserer Normkurve mit den Resultaten von Brooijmans (1957), Grauwiler (1965), Holmes und Alps (1966), Reinhard und Zichner (1970), Tschudi (1978), Grauerholz (1979, 1980).

Aus dieser Abbildung ist auch ersichtlich, dass trotz der unterschiedlichen Auswertungsmethode die Werte von Reinhard und Zichner recht gut mit unseren übereinstimmen.

Interessant ist, dass die Resultate von Reinhard und Zichner und Grauerholz so verschieden sind, obschon beide Autoren die PQ-Dauer mit Hilfe der Computertechnik errechnet haben.

### Kranke Pferde

Bei den Patienten mit Herzklappenfehlern wiesen 4 Pferde einen pathologischen Av-Block 1. Grades und 3 Tiere ein "vagales PQ" (Spörri, 1952) auf.

Nörr hat bereits 1931 bei einem Pferd mit Aortenklappeninsuffizienz pathologische Av-Blöcke 1. und 2. Grades beschrieben.

In der 2. Patientengruppe waren 3 Fälle von pathologischen Av-Blöcken 1. Grades zu beobachten.

Der Patient mit Chinidin-therapierter Av-Dissoziation zeigte immer eine PQ-Verlängerung.

Nach Deegen (1976) können beim Pferd durch einen erhöhten Vagus-tonus auch ohne Hinweise auf eine Herzerkrankung Av-Dissoziationen auftreten. In unserem Fall dürfte aber die Affektion des Myokards Ursache dieser Reizbildungs-Störung gewesen sein.

Corticelli (1950) hat bei einem Pferd, das später Vorhofflimmern entwickelte, Av-Blöcke 1. und 2. Grades gefunden. Diese Ueberleitungsstörungen standen vermutlich mit ähnlichen Veränderungen in Zusammenhang, wie sie Else (1971) bei der Sektion von Pferden mit Vorhofflimmern festgestellt hat:

Herdförmige Fibrosen im Vorhofmyokard sowie Dilatationen verbunden mit abnorm dünnen Vorhofwänden.

Auch die Sektion eines unserer Patienten mit Vorhofflimmern ergab eine starke Fibrose des Vorhofmyokards.

Seit Lewis (1911/12) als erster ein Pferde-EKG mit Vorhofflimmern beobachtete, haben sich viele Autoren mit dieser RB-Störung befasst.

Was die Auslösung von Vorhofflimmern beim Pferd betrifft, vermutet Detweiler (1952), dass erhöhte intraatriale Druckwerte infolge Kammerinsuffizienz als Ursache in Betracht zu ziehen sind.

Bei sehr starker Belastung kann auch bei gesunden und jungen Rennpferden paroxysmales Vorhofflimmern auftreten (Amada und Kurita, 1975).

In der 3. Patientengruppe zeigten 3 Tiere pathologische Av-Blöcke 1. Grades.

Nach Nörr (1924) können Infektionen, die das Myokard in Mitleidenschaft ziehen, zu pathologischen Av-Blöcken 1. und 2. Grades führen.

Brooijmans (1957) und Steel (1963) konnten bei der Sektion von Pferden, die pathologische Av-Blöcke aufgewiesen hatten, Veränderungen im Herzmuskel feststellen. Steel beschreibt dabei makro- und mikroskopische Befunde einer Myokarditis.

Bei den Pferden mit einer Lungenaffektion wurden keine Veränderungen des PQ-Intervalls festgestellt.

Av-Blöcke 3. Grades sind beim Pferd selten und gehen meistens mit einer Herzerkrankung einher. Nur bei extrem hohem Vagustonus, z.B. in der Rekonvaleszenz, kann unter Umständen auch ohne Kardiopathie ein totaler Av-Block auftreten (Brooijmans, 1957; Spörri und Stünzi, 1969; Deegen, 1981).

Eine Verkürzung des PQ-Intervalls im Sinne eines Wolff-Parkinson-White-Syndroms (WPW) ist beim Pferd ebenfalls selten. Landgren und Rutqvist (1953), Brooijmans (1957), Cooper (1962) sowie Deegen (1976) haben je einen Fall von WPW beim Pferd beobachtet.

### 6.2.3. QRS-KOMPLEX

Bei den Equiden, Wiederkäuern, Suiden und Vögeln dringt das Purkinje-Fasersystem tief intramural bis in die subepikardialen Muskelschichten, d.h. es durchzieht praktisch die ganze Dicke der Ventrikelwand. Das Kammermyokard des Pferdes wird daher rasch aktiviert, kann doch die Erregungswelle fast gleichzeitig an die verschiedenen Teile der ventrikulären Triebmuskulatur herangeführt werden (Meyling und Terborg, 1957; Hamlin und Smith, 1965; Detweiler und Patterson, 1972; Spörri, 1975).

Ein Vergleich unserer Resultate mit den Angaben anderer Autoren (Tabelle 2) macht deutlich, dass nur die Ergebnisse von Glazier et al. (1963) und von Tschudi (1979) einigermaßen mit unseren Werten übereinstimmen.

Die meisten zitierten QRS-Zeiten sind kürzer als die unsrigen. Der Grund dafür dürfte vor allem in der Art der EKG-Ableitung zu suchen sein, denn die Extremitäten-Ableitungen ergeben kleinere Werte als die unipolaren und bipolaren Brustwand-Ableitungen.

Rassenbedingte Unterschiede der QRS-Dauer werden von Lannek und Rutqvist (1951), Künzle (1957) und Kraft und Weppler (1958) beschrieben. Nach Lannek bestehen aber keine alters- und geschlechtsabhängigen Differenzen der QRS-Dauer innerhalb der gleichen Rasse. Diesen Resultaten widersprechen Steel (1963) sowie Nielsen und Vibe-Petersen (1980), die durchaus alters- und geschlechtsbedingte Unterschiede feststellen konnten.

Steel hat auch die Beziehungen zwischen QRS-Dauer und Herzgewicht untersucht. Unter Vernachlässigung von Alter, Geschlecht, Rasse, Körpergewicht, Kondition und möglichen pathologischen Herzvergrößerungen fand er pro 75 Gramm Vergrößerung des Herzgewichtes eine Zunahme der QRS-Dauer um 0,001 sec.

Seit Steel diese Zusammenhänge näher erforscht hat, wird den QRS-Zeitwerten eine Aussage über die potentielle Leistung des Pferdes zugeschrieben. Rose et al. (1979) vermuten eine Beziehung zwischen QRS-Dauer und Renngeschwindigkeit. Sie konnten bei sieg-

reichen Pferden eine signifikant grössere QRS-Dauer beobachten als bei solchen, die im Rennen hintere Plätze belegten. Nach Nielsen und Vibe-Petersen (1980) besitzt ein Pferd mit grosser QRS-Dauer eine kardiale Reserve, die enorm wichtig ist für seine Qualitäten als Rennpferd.

Die rassenbedingten Unterschiede des Herzgewichts kommen dadurch zum Ausdruck, dass bei Kaltblutpferden das relative Herzgewicht nur ca. 0,6% beträgt und bei Warmblütern Werte von 0,7 - 0,99% erreicht werden. Gut trainierte Vollblutpferde weisen sogar ein relatives Herzgewicht von 1,0 - 1,24% auf (Kroneman, 1965; Kubo et al., 1974; Nickel-Schummer-Seiferle, 1976; v. Engelhardt, 1979).

Die positiv dromotrope Wirkung einer Sympathikotonie hat auch eine Verkürzung der QRS-Dauer zur Folge (Landgren und Rutqvist, 1953; Bayer, 1966; Reinhard und Zichner, 1970; Deegen, 1974).

In der Literatur sind nur bei Reinhard und Zichner (1970) genaue Angaben über die Abhängigkeit der QRS-Dauer von der Herzschlagfrequenz zu finden. Der Vergleich ihrer Resultate mit unserer Normkurve ist in Abbildung 44 dargestellt und zeigt drastische Unterschiede, die wahrscheinlich auf der verschiedenartigen Auswertung beruhen.

#### Kranke Pferde

5 Pferde mit Insuffizienzen der Mitral- oder Trikuspidalklappen zeigten eine verlängerte QRS-Dauer. Aus der Kurvenform kann bei 2 Tieren der Verdacht einer Hypertrophie des rechten bzw. des linken Ventrikels abgeleitet werden.

Nörr (1920), Spörri (1949), White und Rhode (1974) sowie Deegen (1977, 1980) beschreiben Formveränderungen des QRS-Komplexes bei Mitral- und Aortenklappeninsuffizienzen sowie bei Hypertrophien des rechten Ventrikels.

In der 2. Patientengruppe war bei 4 Pferden eine Vergrösserung der QRS-Dauer zu beobachten. Solche Befunde können Folge patho-

logisch-anatomischer Strukturveränderungen sein und mit Störungen der Herztätigkeit einhergehen. So treten z.B. Extrasystolen und Pararrhythmien nur selten bei herzgesunden oder klinisch unauffälligen Pferden auf (Nörr, 1924; Brooijmans, 1957; Glazier und Nicholson, 1959; Too, 1960; Holmes und Alps, 1966; Senta et al., 1970; Deegen, 1974, 1976; Amada und Kurita, 1975; Glazier et al., 1979).

Bei starker Belastung unter dem Reiter kann jedoch auch bei gesunden Tieren eine Extrasystolie ausgelöst werden (Holmes und Alps, 1966; Senta et al., 1970).

In der 3. Patientengruppe waren bei drei Pferden die QRS-Komplexe verbreitert.

Steel (1963) stellt fest, dass fast 24% der Pferde im Laufe ihrer Rennkarriere pathologische Elektrokardiogramme entwickeln. Bei der Sektion einiger dieser Tiere konnte er Anzeichen von Myokarditiden beobachten, als deren Hauptursache er die direkte oder indirekte Wirkung von Bakterien- oder Virusinfektionen auf den Herzmuskel vermutet. In Anlehnung an diese Aussagen erwägen Rose et al. (1980) die Möglichkeit, dass Myokarditiden durch Stress induziert werden, und dass EKG-Abnormitäten als Folge einer Aenderung im Säure-Basen- und Elektrolyt-Gleichgewicht auftreten. Nach Messungen von Lindholm und Saltin (1974) erreicht ein Pferd bei maximaler Renngeschwindigkeit eine Muskeltemperatur von 43°C. Es ist denkbar, dass sich solche kritischen Temperaturen auf den Herzmuskel negativ auswirken.

Bei den Patienten mit einer Lungenaffektion wies ein Pferd eine verlängerte QRS-Dauer auf und bei zwei Tieren waren die QRS-Konfigurationen typisch für eine Ventrikelhypertrophie.

Bei Patienten mit chronischer Bronchitis oder Lungenemphysem beschreibt Deegen (1977) eine deutliche Hypertrophie des rechten Ventrikels mit negativen QRS-Komplexen in den Ableitungen II und III. Grauerholz (1979) fand bei Pferden mit chronischer Bronchitis eine auffällige Verkleinerung der R-Zacken in den Ableitungen I und II.

Zusammenfassend lässt sich für den QRS-Komplex sagen, dass wir bei Patienten mit einer Insuffizienz der Atrioventrikularklappen oder mit einer Lungenerkrankung die stärksten Vergrößerungen der QRS-Zeitwerte beobachteten.

Zur genauen Diagnosestellung ist es aber notwendig, sowohl die QRS-Dauer als auch die QRS-Konfiguration zu untersuchen. Nur die Kombination dieser Resultate erlaubt es, den Verdacht auf eine Ventrikelhypertrophie zu äussern.

#### 6.2.4. QT-INTERVALL

Die von uns ermittelte Ruhe-QT-Dauer stimmt zu einem grossen Teil mit den publizierten Werten überein (Tabelle 2). Für abweichende Ergebnisse dürfte die Ursache, wie bei den übrigen Parametern, in den unterschiedlichen EKG-Ableitungen zu finden sein.

Eine Sympathikotonie bewirkt eine Verkürzung des QT-Intervalls. Bei sehr hohen Herzschlagfrequenzen wird die Ausmessung der EKG-Zeitwerte immer schwieriger. Deegen (1974) schlägt deshalb vor, anstelle des QT-Intervalls die  $Q_aT$ -Dauer (Beginn von Q bis Spitze der T-Zacke) auszumessen. Ob damit die Genauigkeit der Messdaten verbessert wird, ist fraglich, da die T-Zacke den labilsten Teil des Elektrokardiogrammes darstellt.

In Abbildung 45 ist unsere Normkurve für die QT/RR-Abhängigkeit zusammen mit den Daten anderer Autoren dargestellt. Vergleichbar sind die Ergebnisse von Reinhard und Zichner (1970), die übrigen Resultate wurden nur für einen kleinen Bereich der Herzschlagfrequenz ermittelt.

#### Kranke Pferde

In der 1. Patientengruppe zeigten während der Belastung mehr als die Hälfte der Tiere eine vergrösserte QT-Dauer. Bei den meisten dieser Fälle handelte es sich um Insuffizienzen der Av-Klappen.

Spörri (1954) beschreibt bei einem Pferd mit Trikuspidalinsuffizienz einen ungünstigen Systolen/Diastolen-Quotienten und weist

erstmal in der Veterinärmedizin auf eine Dissoziation von elektrischer und mechanischer Systole hin.

Bei einem altersschwachen Pferd hat Künzle (1957) ein Hegglin-Syndrom = Energetisch-Dynamische Herzinsuffizienz festgestellt. Ein Hegglin-Syndrom hat auch Deegen (1972) in Fällen von Hyperlipämie bei Ponies beobachtet.

Bei den Pferden mit Reizbildungs-Störungen wiesen vor allem die Tiere mit Vorhofflimmern verlängerte QT-Intervalle auf.

Ähnliche Beobachtungen werden von Littlejohn et al. (1973) beschrieben, die ebenfalls bei Vorhofflimmern während der Belastung erhöhte QT-Werte feststellten.

In der 3. Patientengruppe fanden wir bei drei Tieren verlängerte QT-Intervalle.

Wie schon Hegglin (1937) schreibt auch Spörri (1946) verschiedenen Infektionskrankheiten, innersekretorischen Störungen sowie Störungen im Mineralhaushalt einen negativen Einfluss auf die Herztätigkeit zu. Dies manifestiert sich im EKG häufig als Verlängerung des QT-Intervalls.

Die QT-Verlängerung ist nach Hegglin eine pathologische Funktion und nicht unbedingt Folge einer pathologisch-anatomischen Strukturveränderung, so dass diese EKG-Abnormität reversibel sein kann.

Bei den an einem respiratorischen Leiden erkrankten Pferden war in 4 Fällen während und unmittelbar nach Belastung eine QT-Verlängerung zu beobachten.

Durch pathologisch-anatomische Strukturveränderungen bei Ventrikelhypertrophie kann die QT-Dauer verlängert sein (Hegglin, 1937; Spörri, 1954; Csapo, 1980).

Eine rechtsseitige Hypertrophie des Herzens infolge pulmonaler Hypertonie ist aber nicht immer als chronisches Cor pulmonale aus dem EKG diagnostizierbar (Schaub, 1976):

QT-Verlängerungen können im Zusammenhang mit Pneumonien und Lungenembolien auftreten. Bei akutem Cor pulmonale gehört eine vergrößerte QT-Dauer zu den charakteristischen EKG-Veränderungen (Hegglin, 1937; Csapo, 1980):

Da die QT-Dauer von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird, ist eine genaue Analyse der Elektrokardiogramme und der klinischen Befunde notwendig, um die Ursache einer QT-Verlängerung abklären zu können.

Abnorme EKG-Konfigurationen gehen nicht immer mit veränderten EKG-Zeitwerten einher und die Stärke der EKG-Veränderungen muss keineswegs mit dem Schweregrad der zugrunde liegenden Erkrankung parallel laufen.

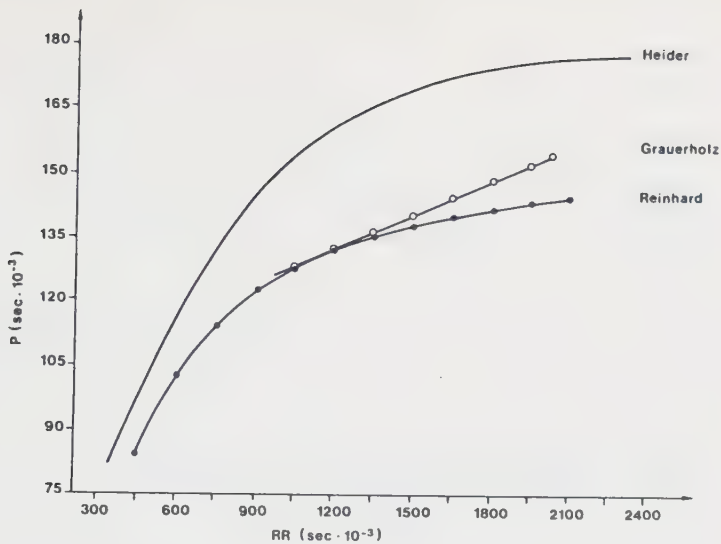


Abbildung 42

P-Dauer in Abhängigkeit von RR.  
Vergleich der Regressionskurven von Reinhard und Zichner (1970) und Grauerholz (1979) mit unseren Resultaten.

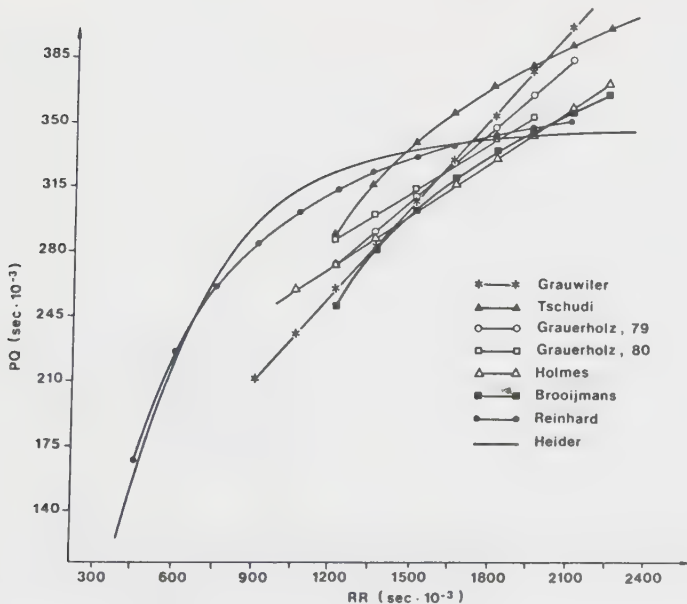


Abbildung 43

PQ-Dauer in Abhängigkeit von RR.  
Vergleich der Regressionskurven von Brooijmans (1957), Grauwiler (1965), Holmes und Alps (1966), Reinhard und Zichner (1970), Tschudi (1978), Grauerholz (1979, 1980) mit unseren Ergebnissen.

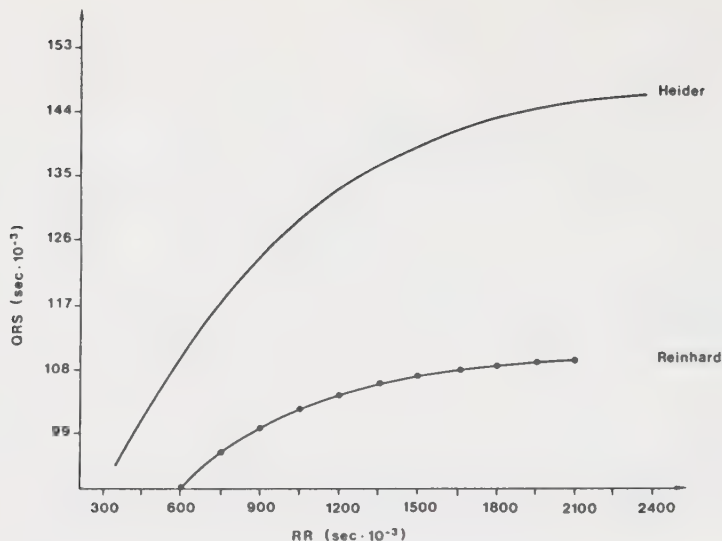


Abbildung 44

QRS-Dauer in Abhängigkeit von RR.  
Vergleich unserer Resultate mit der Regressionskurve von Reinhard und Zichner (1970).

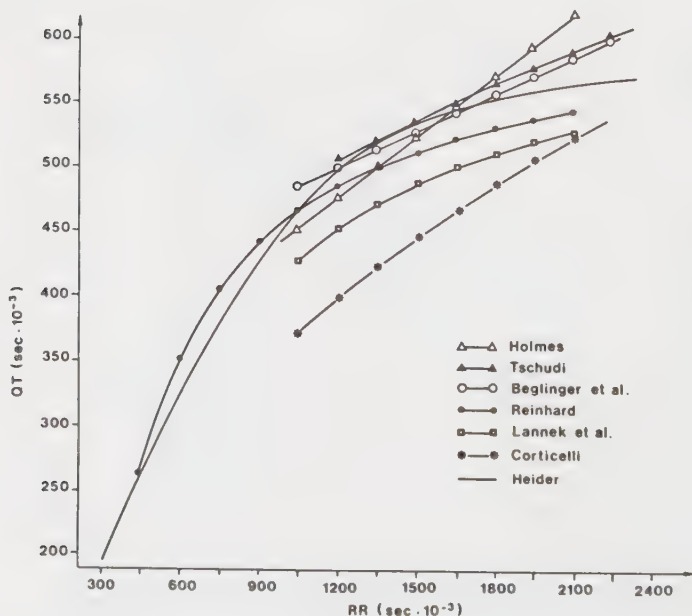


Abbildung 45

QT-Dauer in Abhängigkeit von RR.  
Vergleich unserer Resultate mit den Angaben von Lannek und Rutqvist (1951), Corticelli (1955), Holmes und Alps (1966), Reinhard und Zichner (1970), Tschudi (1978) und Beglinger et al. (1980).

#### 6.2.5. T-ZACKE

Die von uns ermittelte T-Dauer zeigt im Vergleich zu den Angaben anderer Autoren die beste Uebereinstimmung mit den Resultaten von Kraft und Weppler (1958) sowie Glazier und Dukes (1963).

Der positiv dromotrope Effekt einer Sympathikotonie führt zur Verkürzung der T-Dauer. Diese Verkürzung geht bei hohen Herzschlagfrequenzen immer mit einer Aenderung der T-Konfiguration und mit einer Elevation des ST-Segmentes einher (Obel, 1942; Spörri, 1949; Landgren und Rutqvist, 1953; Corticelli, 1955; Brooijmans, 1957; Kroneman, 1965; Baron et al., 1970; Steel et al., 1976; Mestries und Courtot, 1979; Grauerholz, 1980).

Diese Aenderung der T-Zacke ist im Belastungs-EKG daran zu erkennen, dass die im Ruhe-EKG meist biphasische T-Zacke nun eingipflig und positiv wird.

#### Kranke Pferde

In der 1. Patientengruppe waren bei 5 Pferden während und nach der Belastung verlängerte Zeitwerte zu finden.

Eine vergrösserte T-Dauer ist Ausdruck einer verzögerten Repolarisation im Kammermyokard. Bei einigen Patienten mit Verdacht einer Ventrikelhypertrophie haben wir auch eine verlängerte T-Dauer beobachtet, die nicht mit einer QT-Verlängerung einherging. Bei einigen Tieren, deren spätere Sektion keine Ventrikelhypertrophie ergab, registrierten wir QT- und T-Verlängerungen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die T-Dauer eng mit der Form der T-Zacke zusammenhängt, und dass eine Veränderung der Kammerendschwankung die QT-Dauer beeinflussen kann (Kroneman, 1965).

In der 2. Patientengruppe wiesen 4 Tiere eine vergrösserte T-Dauer auf.

Auch in dieser Gruppe wurden T-Verlängerungen in Zusammenhang mit einer möglichen Ventrikelhypertrophie beobachtet, ohne dass die QT-Dauer abnorm war. Lediglich bei den Pferden mit Vorhofflimmern lagen sowohl die QRS- als auch die QT- und die T-Dauer über der maximalen Norm.

In der Patientengruppe mit Myokardaffektionen war bei 3 Tieren die T-Dauer leicht vergrößert. In 2 Fällen ging die Vergrößerung der T-Dauer mit verlängerten QT-Intervallen einher und in einem Fall waren die Zeitwerte von QRS, von QT und von T verlängert.

Bei den Pferden mit einer Lungenerkrankung lag in 2 Fällen eine T-Verlängerung vor, wobei immer auch die QRS- und die QT-Dauer vergrößert waren.

Bei vergrößerten QRS-Zeitwerten (Verdacht einer Ventrikelhypertrophie) kann also auch die T-Dauer vergrößert sein.

Eine T-Verlängerung steht praktisch immer mit einer QRS- und/oder einer QT-Verlängerung in Zusammenhang. Somit genügen die Regressionskurven für die QRS/RR- und QT/RR-Abhängigkeiten durchaus, so dass wir die Normkurve für die T/RR-Abhängigkeit in der Herz-Kreislaufdiagnostik fortan nicht mehr verwenden.

### 6.3. PATHOLOGISCHE VERAENDERUNGEN DES ST-SEGMENTES UND DER T-ZACKE

In der Humanmedizin dient das Belastungs-EKG zur Objektivierung und Quantifizierung von Koronarinsuffizienzen. Pathophysiologisch handelt es sich dabei um ein Missverhältnis zwischen  $O_2$ -Angebot und  $O_2$ -Bedarf, dem meistens eine stenosierende Koronarsklerose zugrunde liegt (Csapo, 1980).

Dieses Sauerstoff-Defizit führt zu einer Ischämiereaktion des Myokards und manifestiert sich in einer Senkung des ST-Segmentes mit charakteristischer Formänderung der ST-Strecke.

Pathologischen Belastungs-Elektrokardiogrammen kommt in der Humanmedizin eine erhebliche prognostische Bedeutung zu

(Kaltenbach et al., 1967; McConahay et al., 1971; Linhart, 1975; Klepzig, 1976; Stuart und Ellestad, 1976).

Die Beobachtung des ST-Segmentes und der T-Zacke dürfte auch beim Pferd wichtiger sein als die Beurteilung der T-Dauer.

In der 1. Patientengruppe zeigt Abbildung 20 abnorme ST-Alterationen mit konvexem Verlauf der ST-Strecke.

Deegen (1974) vermutet, dass es bei einer Endocarditis valvularis thromboticans zur Absprengung von Thromben und somit zu Myokardinfarkten kommen kann. Diese Möglichkeit ist bei unserem Patienten nicht auszuschliessen, zumal das Pferd nach Belastung atriale Extrasystolen aufwies, die nach Deegen ebenfalls mit einem Myokardinfarkt zusammenhängen können.

Spörri (1949) beschreibt ST-Elevationen mit konvexem Verlauf und Abnormitäten der T-Zacke, die er als Folge verschiedener Erkrankungen betrachtet. So können diese EKG-Veränderungen nach Spörri reversibel sein und bei Abheilung des Grundleidens wieder verschwinden.

ST-Alterationen von mindestens 0,2 mV in allen Ableitungen des Ruhe-EKG erwecken nach Kroneman (1980) beim Pferd den Verdacht einer degenerativen oder entzündlichen Myokardaffektion.

Die von Landgren und Rutqvist (1953) und Brooijmans (1957) beobachteten ST-Elevationen nach Belastung interpretiert Brooijmans als Koronarinsuffizienzen, denen er auch T-Inversionen zuschreibt.

Starke Hyperkalzämien können ebenfalls zu einer Elevation des ST-Segmentes führen. Glazier et al. (1979) vermuten als Ursache eine relative Myokardischämie infolge des stark erhöhten Tonus der Herzmuskelfasern.

In der 2. Patientengruppe ist aus Abbildung 27 ersichtlich, dass schon im Ruhe-EKG grosse und positive T-Zacken vorliegen.

Tachykardes Vorhofflimmern führt infolge Ermüdung des Myokards zu einer Verminderung des Herzminutenvolumens und somit auch zu einer geringeren O<sub>2</sub>-Versorgung des Myokards.

Lescure (1980) beschreibt solche grossen und positiven T-Zacken als T-Veränderungen vom ischämischen Typ, wobei die Amplituden grösser sind als 50% der grössten Zacke im QRS-Komplex. Er bringt diese T-Abnormität mit Anämien und Myokarderkrankungen in Zusam-

menhang. Pferde, die im Ruhe-EKG diese T-Veränderungen aufwiesen, konnten im folgenden Langstreckenrennen die geforderte Leistung nicht erbringen und mussten eliminiert werden.

In der 3. Patientengruppe stellten wir bei einem Pferd in den Ableitungen II, III und aVF des Ruhe-Elektrokardiogramms T-Zacken vom ischämischen Typ und bei Belastung sehr starke ST-Elevationen fest (Abbildung 34). Dieser Patient war sechs Monate vorher an Druse erkrankt und zeigte seither einen Leistungsabfall. Es ist nicht auszuschliessen, dass als Spätfolge der Infektion mit dem Druseerreger *Streptococcus equi* eine toxisch-degenerative Myokardschädigung zurückblieb, die zu diesen EKG-Veränderungen führen konnte. Die abnorm tiefen Herzschlagfrequenzen in Ruhe und bei Belastung wiesen zudem darauf hin, dass möglicherweise ein Bezold-Jarisch-Effekt vorlag.

In der 4. Patientengruppe zeigt Abbildung 41 abnorm hohe T-Amplituden bei starker Belastung. Das Ruhe-EKG wies bei diesem Pferd auf eine Ventrikelhypertrophie.

Nach Steel et al. (1976) sind bei Pferden mit abnormem Ruhe-EKG oftmals die T-Zacken im Belastungs-EKG überhöht und spitz und meistens grösser als die QRS-Amplituden.

In der Humanmedizin werden solche T-Veränderungen bei akuten Infarktstadien sowie bei CO-Intoxikationen beschrieben und als "Erstickungs-T" bezeichnet (Schaub, 1976).

Die Alterationen des ST-Segmentes spielen beim Pferd nicht die gleich grosse Rolle wie beim Menschen, denn eindeutig als pathologisch abzugrenzende ST-Veränderungen sind eher selten. Koronarsklerosen haben beim Pferd kaum eine Bedeutung. Abnorme ST-Verlagerungen sind beim Pferd zwar ebenfalls Ausdruck einer Myokardischämie, doch liegen diesen EKG-Veränderungen vermutlich irreversible und degenerative Herzmuskelschädigungen verschiedenster Genese zugrunde.

Formänderungen der T-Zacken sind beim Pferd häufig zu beobachten. T-Änderungen vom ischämischen Typ treten als Ausdruck einer Myokardischämie auf, ohne dass eine organische Herzschädigung vorliegen muss. Dieser Form einer pathologisch verlaufenden Kammerendschwankung dürfte beim Pferd daher eine ähnliche Bedeutung zukommen wie den abnormen ST-Senkungen im EKG des Menschen.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG

Die Ruhe- und Belastungs-Elektrokardiogramme von 26 Pferden ohne Beeinträchtigung der Herz-Kreislauffunktion wurden einer genauen Analyse unterzogen. Die Resultate dienten zur Erstellung einer Verlaufskurve für die Herzschlagfrequenz sowie zur Abklärung der Abhängigkeit der P-, PQ-, QRS-, QT- und T-Dauer von der Dauer der Herzperiode.

Die Beziehungen zwischen den EKG-Zeitparametern und der Herzperiode sind nicht linear. Vergleiche unserer manuell ermittelten Daten mit elektronisch gewonnenen Resultaten anderer Autoren zeigen zum Teil recht starke Unterschiede, deren Ursache diskutiert wird.

Vergleichende Untersuchungen an Pferden mit Herzklappenfehlern, Reizbildungs-Störungen, Myokard- und Lungenerkrankungen haben gezeigt, dass bei den verschiedenen Patienten sehr unterschiedliche EKG-Veränderungen auftreten können. Die Bedeutung dieser EKG-Veränderungen wird diskutiert und mit kardialen und ekstrakardialen Erkrankungen in Zusammenhang gebracht.

Zur Diagnosestellung sind sowohl die EKG-Zeitparameter als auch die Kurvenform zu berücksichtigen.

Mit der von uns angewendeten Untersuchungs- und Auswertungsmethode ist es möglich, auch die nur bei Belastung von der Norm abweichenden Herzschlagfrequenzen und EKG-Zeitparameter zu erfassen.

Durch Belastung konnten atriale und ventrikuläre Extrasystolen, Av-Blöcke 1. Grades, starke Verlagerungen der ST-Segmente und abnorme Kammerendschwankungen ausgelöst werden.

Bei 77% der 57 für diese Arbeit untersuchten Herz-Kreislaufpatienten zeigte bereits das Ruhe-EKG pathologische Veränderungen. Bei weiteren 19% der Pferde ergaben sich erst aus dem Belastungs-EKG Hinweise auf eine Herzerkrankung. In 4% der Fälle war bei unauffälligen Elektrokardiogrammen aufgrund der abnormen Befunde des Phonokardiogrammes, der Blutdruckmessung oder der Herzkatheterisierung der dringende Verdacht einer Störung der Herz-Kreislauffunktion gegeben.

Die für die Routine-Untersuchung in der Pferde-Klinik sehr gut geeignete Radiotelemetrie liefert also wichtige Resultate, die zusammen mit dem Ruhe-EKG eine genaue Abklärung der Leistungsfähigkeit von Herz und Kreislauf ermöglichen.



## 8. LITERATURVERZEICHNIS

- AMADA, A. und T. KANEKO:  
Ventricular parasystole in a racing thoroughbred: A case report.  
Exp. Rep. Equine Hlth. Lab. 7, 84-93 (1970)
- AMADA, A. und H. KURITA:  
5 cases of paroxysmal atrial fibrillation in the racehorse.  
Exp. Rep. Equine Hlth. Lab. 12, 89-100 (1975)
- ASHEIM, A., O. KNUDSEN, A. LINDHOLM, C. RUELCKER und B. SALTIN:  
Heart rates and blood lactate concentrations of standardbred horses during training and racing.  
J. Am. Vet. M. A. 157, 304-312 (1970)
- BANISTER, E.W. und A.D. PURVIS:  
Exercise electrocardiography in the horse by radiotelemetry.  
J. Am. Vet. M. A. 152, 1004-1008 (1968)
- BARON, M., R. BORDET, L. RUET und J. SEVESTRE:  
Etude télémetrique de l'électrocardiogramme et du vectocardiogramme chez le cheval de sport. I. Données générales.  
Rec. Méd. Vét. 146, 359-370 (1970)
- BARON, M., R. BORDET, L. RUET und J. SEVESTRE:  
Etude télémetrique de l'électrocardiogramme et du vectocardiogramme chez le cheval de sport. II. Variations de l'électrocardiogramme liées à l'effort.  
Rec. Méd. Vét. 146, 755-782 (1970)
- BARR, S.A., R.M. GLASER, E.L. FOX, R.L. BARTELS und A.A. GABEL:  
Effects of training on oxygen kinetics of standardbred horses during exercise.  
Fed. Proc. 40, 498 (1981)
- BASSAN, L.:  
Telemetrische Erfassung der Herzkreislauffunktion (der Herzschlagfrequenz) während der Arbeitsbelastung.  
Z. ges. Hyg. 12, 477-489 (1966)
- BASSAN, L. und W. OTT:  
Radio-telemetrische Untersuchungen der Herzschlagfrequenz beim Sportpferd in Ruhe und in allen Gangarten (Schritt, Trab, Galopp).  
Arch. Exp. Vet. Med. 22, 57-75 (1968)
- BAUMGAERTEL, E.:  
Die Arbeitspulsfrequenz erstmals trainierter Trabrennpferde (2-jähriger) im Vergleich zu älteren Trabern bei mässiger und mittlerer Laufbelastung.  
Inaug. Diss., Freie Universität Berlin (1979)
- BAYER, A.:  
Möglichkeiten der Elektrokardiographie am laufenden Tier.  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 79, 49-52 (1966)

BAYER, A.:

Das Verhalten der Herzschlagfrequenz von Trabrennpferden  
im Training und beim Rennen.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 81, 8-11 (1968)

BAYER, A.:

Die Brauchbarkeit der Arbeitspulsfrequenz als Leistungs-  
kriterium bei Trabrennpferden.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 83, 414-418 (1970)

BAYLY, W.M., A.A. GABEL und S.A. BARR:

A non-invasive technique for the measurement of oxygen con-  
sumption in the exercising horse.

Proc. Ann. Conv. Am. Ass. Equine Pract. 25, 380-381 (1979)

BEGLINGER, R., R. PFISTER und K. HEIDER:

Herz- und Kreislaufdiagnostik beim Pferd.

Schweiz. Arch. Tierheilk. 122, 533-539 (1980)

BERGSTEN, G.:

Blood pressure, cardiac output, blood-gas tension in the horse  
at rest and during exercise.

Acta Vet. Scand. 48 Suppl., 1-88 (1974)

BOHN, F.K.:

Die Herzuntersuchung des Pferdes unter Berücksichtigung der Aus-  
kultation und der Anfertigung und Daten des Elektrokardiogramms.  
Bayr. Tierärzteblatt 18, 199-204 (1967)

BON, P.D.C.:

Cardiac rhythm of the horse during exertion.

Inaug. Diss., Ecole Nat. Vét. Alfort (1978)

BOERNERT, D. und H. SEIDEL:

Drahtlos Übertragene EKG-Ableitungen vom freibeweglichen Pferd.

Arch. Exp. Vet. Med. 18, 1217-1223 (1964)

BROOIJMANS, A.W.M.:

Electrocardiography in horses and cattle. Theoretical and clini-  
cal aspects.

Inaug. Diss., Universität Utrecht (1957)

BURKE, D.J. und W.W. ALBERT:

Methods for measuring physical condition and energy expenditure  
in horses.

J. Animal Sci. 46, 1666-1672 (1978)

COOPER, S.A.:

Ventricular pre-excitation (Wolff-Parkinson-White syndrome) in  
a horse.

Vet. Rec. 74, 527 (1962)

CORTICELLI, B.:

Fibrillazione e flutter atriale nel cavallo.

Arch. Vet. Ital. 1, 177-196 (1950)

CORTICELLI, B.:

L'elettrocardiogramma e l'assonogramma spaziale del cavallo trotatore.

Arch. Vet. Ital. 6, 543-551 (1955)

CSAPO, G.:

Konventionelle und intrakardiale Elektrokardiographie.

Documenta Geigy, CIBA-GEIGY GmbH Wehr/Baden (1980)

DEEGEN, E.:

Zur Behandlung des Vorhofflimmerns beim Pferd mit Chinidinum sulfuricum.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 78, 655-660 (1971)

DEEGEN, E.:

Die prognostische Bedeutung des "Hegglin-Syndroms" bei der Hyperlipämie der Ponies.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 79, 297-301 (1972)

DEEGEN, E.:

Formveränderungen der P-Welle im Elektrokardiogramm des Pferdes bei Herzklappenerkrankungen.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 79, 532-537 (1972)

DEEGEN, E.:

Provokation von Extrasystolen und paroxysmalen Tachykardien bei Pferden mit Herzklappenerkrankungen durch Belastung.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 81, 532-537 (1974)

DEEGEN, E.:

Diagnostik und Bedeutung von Reizbildungsstörungen beim Pferd.

I. EKG-Diagnostik der Reizbildungsstörungen.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 83, 361-367 (1976)

DEEGEN, E.:

Diagnostik und Bedeutung von Reizbildungsstörungen beim Pferd.

II. Zur klinischen Bedeutung der Reizbildungsstörungen.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 83, 483-489 (1976)

DEEGEN, E.:

Klinische Elektrokardiographie beim Pferd unter Berücksichtigung der Muskelmassenverteilung am Herzen.

Enke Copythek, Ferdinand Enke-Verlag, Stuttgart (1977)

DEEGEN, E., R. LIESKE und H. SCHOON:

Klinische und kardiologische Untersuchungsbefunde bei 3 Deckhengsten mit Aortenklappeninsuffizienzen.

tierärztl. prax. 8, 211-222 (1980)

DEEGEN, E.:

Zur forensischen Bedeutung der Herz-Rhythmusstörungen beim Pferd.  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 94, 171-177 (1981)

DEIWEILER, D.K.:

Electrocardiogram of the horse.  
Fed. Proc. 11, 34 (1952)

DEIWEILER, D.K.:

Experimental and clinical observations on auricular fibrillation  
in horses.  
Am. Vet. Med. Ass. Proc. Book, 119-129 (1952)

DEIWEILER, D.K. und D.F. PATTERSON:

The cardiovascular system.  
In: Catcott, E.J. und I.F. Smithcors: Equine Medicine & Surgery,  
pp. 277-347. Am. Vet. Publ. Inc., Wheaton/Illinois (1972)

DIETRICH, S. und H. SCHWIEGK:

Angina pectoris und Anoxie des Herzmuskels.  
Z. Klin. Med. 125, 195 (1933)

DIXON, W.J.:

BMDP Biomedical Computer Programs.  
University of California Press, Los Angeles (1975)

DUKES, H.H. und H. BATT:

Studies on the electrocardiogram of the horse.  
Am. J. Physiol. 133, 265-266 (1941)

EBERLY, V.E., J.R. GILLESPIE und W.S. TYLER:

Cardiovascular parameters in the thoroughbred horse.  
Am. J. Vet. Res. 25, 1712-1716 (1964)

EBERLY, V.E., W.S. TYLER und J.R. GILLESPIE:

Cardiovascular parameters in emphysematous and control horses.  
J. Appl. Physiol. 21, 883-889 (1966)

EHRLIN, H.-J., W. v. ENGELHARDT, H. HOERNICKE, G. TOLKMITT und J. DUŠEK:

Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Herzschlagfrequenz  
und Leistung bei Pferden.  
Zbl. Vet. Med. 17 A, 577-591 (1970)

ELSE, R.W.:

Pathological changes in atrial fibrillation in the horse.  
Equine Vet. J. 3, 56-64 (1971)

ENGELHARDT, W. v.:

Cardiovascular effects of exercise and training in horses.  
Adv. Vet. Sci. Comp. Med. 21, 173-204 (1977)

ENGELHARDT, W. v.:

Die Wirkung von Arbeit und Training auf Herz und Kreislauf  
des Pferdes.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 86, 2-7 (1979)

FREGIN, G.F.:

Radioelectrocardiography in horses.

Penn. Vet. 9, 6-10 (1967)

FRUCHT, A.H. und K. OTTO:

Kleinstsender zur drahtlosen Uebertragung biologischer Mess-  
größen vom freibeweglichen Menschen oder Tier.

Das deutsche Gesundheitswesen 13, 1416 (1958)

GLAZIER, D.B. und J.A. NICHOLSON:

Premature ventricular beats.

Irish Vet. J. 13, 82-86 (1959)

GLAZIER, D.B. und H.H. DUKES:

A study of the normal electrocardiogram of the horse.

Irish Vet. J. 17, 21-34 (1963)

GLAZIER, D.B., E.T. LITLEDIKE und R.D. EVANS:

Electrocardiographic changes in induced hypocalcemia and  
hypercalcemia in horses.

J. Equine Med. & Surg. 3, 489-494 (1979)

GOLDBERGER, E.:

Am. Heart J. 23, 483 (1942)

Zitiert nach: Schaub, F.A.: Grundriss der klinischen Elektro-  
kardiographie. Documenta Geigy, CIBA-GEIGY AG, Basel (1976)

GOLDHAMMER, S. und D. SCHERF:

Elektrokardiographische Untersuchungen bei Kranken mit Angina pectoris.

Z. Klin. Med. 122, 134 (1932)

GRAUERHOLZ, H.:

Veränderungen im Elektrokardiogramm von Pferden mit chronischer  
Bronchitis und deren Folgeerscheinungen.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 92, 85-89 (1979)

GRAUERHOLZ, H.:

Beitrag zur Systematik der P-Welle im EKG gesunder Pferde.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 92, 349-352 (1979)

GRAUERHOLZ, H.:

Untersuchungen über den QRS-Komplex im EKG des Pferdes.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 93, 301-309 (1980)

GRAUERHOLZ, H.:

Time and vector analysis of the electrocardiogram of the horse.

Prakt. Tierarzt 61, 97-116 (1980)

GRAUWILER, J.:

Herz und Kreislauf der Säugetiere.  
Birkhäuser-Verlag, Basel (1965)

HALL, M.C., J.D. STEEL und G.A. STEWART:

Cardiac monitoring during exercise tests in the horse.  
2. Heart rate responses to exercise.  
Austr. Vet. J. 52, 1-5 (1976)

HAMLIN, R.L. und C.R. SMITH:

Categorization of common domestic mammals based upon their  
ventricular activation process.  
Annals New York Acad. Sci. 127, 195 (1965)

HAMLIN, R.L., D.L. SMETZER, T. SENTA und C.R. SMITH:

Atrial activation paths and P waves in horses.  
Am. J. Physiol. 219, 306-313 (1970)

HAMLIN, R.L., J.A. HIMES, H. GUTTRIDGE und W. KIRKHAM:

P wave in the electrocardiogram of the horse.  
Am. J. Vet. Res. 31, 1027-1031 (1970)

HAMLIN, R.L., W.L. KLEPINGER, K.W. GILPIN und C.R. SMITH:

Autonomic control of the heart rate in the horse.  
Am. J. Physiol. 222, 976-978 (1972)

HEGGLIN, R. und M. HOLZMANN:

Die klinische Bedeutung der verlängerten QT-Distanz (Systolen-  
dauer) im Elektrokardiogramm.  
Z. Klin. Med. 132, 1-32 (1937)

HILL, G., R. ATKINS, A. LITTLEJOHN, J.M. KRUGER und F. BOWLES:

Exercise studies in horses: 1. A simple telemetry system for  
recording exercise ECGs in horses.  
Equine Vet. J. 9, 72-74 (1977)

HINTZ, H.F., S.J. ROBERTS, S.W. SABIN und H.F. SCHRYVER:

Energy requirements of light horses for various activities.  
J. Animal Sci. 32, 100-102 (1971)

HOLMES, J.R. und B.J. ALPS:

The effect of exercise on rhythm irregularities in the horse.  
Vet. Rec. 78, 672-682 (1966)

HOLMES, J.R. und B.J. ALPS:

Observations on partial atrioventricular heart block in the horse.  
Canad. Vet. J. 7, 280-290 (1966)

HOLMES, J.R. und B.J. ALPS:

Studies into equine elctrocardiography and vectorcardiography.  
Can. J. Comp. Med. Vet. Sci. 31, 92-102/150-155/207-212 (1967)

HOLMES, J.R., P.G.G. DARKE und R.W. ELSE:

Atrial fibrillation in the horse.

Equine Vet. J. 1, 212-222 (1969)

HOOGERWERF, S.:

Leven en Werken von Willem Einthoven. Grondlegger van de Electrocardiografie.

U.-M. "West.Friesland", Hoorn (1955)

HOERNICKE, H., H.-J. EHRLEIN, G. TOLKMITT, H. HUSCH, M. NAGEL, D. DECKER, E. EPPLE, H.P. KIMMICH und F. KREUZER:

Respiratory telemetry in exercising horses.

Biotelemetry II, 2nd Int. Symp., Davos 1974, pp 146-148,

Verlag Karger, Basel (1974)

HOERNICKE, H., W. v. ENGELHARDT und H.-J. EHRLEIN:

Effect of exercise on systemic blood pressure and heart rate in horses.

Pflügers Arch. 372, 95-99 (1977)

HUSCH, H.:

Verhalten der Atemgrößen von Pferden in Abhängigkeit von Gangart und Laufgeschwindigkeit.

Diplomarbeit, Abt. Zoophysiologie, Universität Hohenheim, Stuttgart (1974)

IRVINE, C.H.G.:

Clinical electrocardiography in the horse.

Proc. Ann. Conv. Am. Ass. Equine Pract. 305-314 (1966)

KAHN, R.H.:

Das Pferde-Ekg.

Pflügers Arch. ges. Physiol. 154, 1-15 (1913)

KALTENBACH, M., R. SCHAEFER und H. KLEPZIG:

Die prognostische Bedeutung des Belastungs-Elektrokardiogrammes.

Eine Katamnese über fünf Jahre.

Med. Klin. 62, 710-713 (1967)

KARLSEN, G.G. und E.A. NADALJAK:

Gas and energy exchange in breathing of trotters during exercise.

Konevodstvo 11, 21-31 (1964)

Zitiert nach: Thomas, D.P., G.F. Fregin, N.H. Gerber, N.B. Ailes:

Cardiorespiratory adjustments to tethered-swimming in the horse.

Pflügers Arch. 385, 65-70 (1980)

KEIDEL, W.D.:

Kurzgefasstes Lehrbuch der Physiologie.

Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1979)

KLEPZIG, H.:

Belastungsprüfungen von Herz und Kreislauf.

Kurzmonographien Sandoz Nr. 16, Basel/Nürnberg (1976)

KRAFT, H. und R. WEPPLER:

Untersuchungen zum Elektrokardiogramm des Warmblutpferdes.  
Tierärztl. Umschau 13, 1-3 (1958)

KRONEMAN, J.:

Het Electrocardiogram van het getrainde Paard.  
Inaug. Diss., Universiteit Utrecht (1965)

KRONEMAN, J.:

Diagnostic significance of the equine electrocardiogram.  
Tijdschrift voor Diergeneeskunde 105, 1019-1025 (1980)

KRZYWANIEK, H., G. WITTKE, A. BAYER und P. BORMAN:

The heart rate of thoroughbred horses during a race.  
Equine Vet. J. 2, 115-117 (1970)

KUBO, K., T. SENTIA und O. SUGIMOTO:

Relationship between training and heart in the thoroughbred  
racehorse.  
Exp. Rep. Equine Hlth. Lab. 11, 87-93 (1974)

KUENZLE, K.:

Elektrokardiographische, phonokardiographische, sphygmographische  
Untersuchungen und Blutdruckmessungen an normalen und Recosen-  
behandelten Pferden.  
Inaug. Diss., Universität Zürich (1957)

KUSACHI, R. und H. SATO:

Fundamental studies on electrocardiograms of the horse.  
II. Bipolar lead.  
Jap. J. Vet. Res. 3, 195-208 (1955)

LANDGREN, S. und L. RUTQVIST:

Electrocardiogram of normal cold-blooded draft horses after work.  
Nord. Vet. Med. 5, 905-914 (1953)

LANNEK, N. und L. RUTQVIST:

Electrocardiography in horses.  
A historical review.  
Nord. Vet. Med. 3, 435-447 (1951)

LANNEK, N. und L. RUTQVIST:

Normal area of variation for the electrocardiogram of horses.  
A statistical examination of extremity leads and unipolar leads.  
Nord. Vet. Med. 3, 1094-1117 (1951)

LAUTENSCHLAGER, O.:

Grundlagen der Aufnahmetechnik des Elektrokardiogrammes von  
Pferd und Rind und ihre Ergebnisse.  
Inaug. Diss., Universität Giessen (1928)

LESCURE, F.:

Equine electrocardiography and the supervision of endurance tests.  
Revue Méd. Vét. 131, 531-544 (1980)

LESCURE, F.:

Electrocardiographic examination of horses taking part in an endurance trial of 105 km in one day.

Revue Méd. Vét. 131, 787-789 (1980)

LEWIS, T.:

Irregularity of the heart's action in horses and its relation to fibrillation of the auricles in experiment and to complete irregularity of the human heart.

Heart 3, 161-171 (1911/12)

Zitiert nach: Amada, A. und H. Kurita: 5 cases of paroxysmal atrial fibrillation in the racehorse. Exp. Rep. Equ. Hlth. Lab. 12, 89-100 (1975)

LIMMER, J.:

Grundfrequenz des Herzschlages, atrioventrikuläre Hemmung und respiratorische Arrhythmie beim Trabrennpferd.

Inaug. Diss., Freie Universität Berlin (1970)

LINDHOLM, A. und B. SALTIN:

The physiological and biochemical response of standardbred horses to exercise of varying speed and duration.

Acta Vet. Scand. 15, 310-324 (1974)

LINHART, J.W.:

Belastungstests.

Das Med. Prisma 1, 2-24 (1975)

LITTLEJOHN, A., C. BUTTON, M. KRUGER, G. HILL und R. ATKINS:

Atrial fibrillation in horses during exercise.

Vet. Rec. 93, 446-447 (1973)

LITTLEJOHN, A. und F. MORGAN:

The heart rate during work in the horse.

South African J. Med. Sci. 41, 63 (1976)

LITTLEJOHN, A., J.M. KRUGER und F. BOWLES:

Exercise studies in horses: 2. The cardiac response to exercise in normal horses and horses with chronic obstructive pulmonary disease.

Equine Vet. J. 9, 75-83 (1977)

LUTZ, G., J. SCHNEIDER, H. PANNDORF, C. PREUSSE und E. GRUEN:

Das Verhalten der Ruheherzfrequenz beim trainierten Galopprennpferd.

Mh. Vet. Med. 31, 134-140 (1976)

MAIER, H.:

Messung der Herzschlagfrequenz bei Pferden mit Lungen-, Herz- und Kehlkopfkrankungen während einer definierten Belastung. Eine Möglichkeit zur Objektivierung der Leistungsverminderung. Inaug. Diss., Universität München (1976)

MARSLAND, W.P.:

Heart rate response to submaximal exercise in the standardbred horse. J. Appl. Physiol. 24, 98-101 (1968)

McCONAHAY, D.R., A. CALLISTER und C.R. SMITH:

Postexercise electrocardiography. Correlations with coronary arteriography and left ventricular hemodynamics. Am. J. Cardiol. 28, 1-9 (1971)

MESTRIES, J.C. und D. COURTOT:

Comportement d'un tracé électrocardiographique lors d'un effort sous-maximal chez le cheval de sport. Effets secondaires du dopage par l'acépromazine. Pratique Vét. Equine 11, 105-116 (1979)

MEYLING, H.A. und N. TERBORG:

The conducting system of the heart in hoofed animals. Cornell Vet. 47, 419-447 (1957)

MILNE, D.W., A.A. GABEL, W.W. MUIR und R.T. SKARDA:

Effects of training on heart rate, cardiac output and lactic acid in standardbred horses, using a standardized exercise test. J. Equine Med. & Surg. 1, 131-135 (1977)

MORGAN, A.H., D.G. BROWN und T.H. THOMAS:

A dynamometer for controlled exercise of Shetland ponies. Am. J. Vet. Res. 32, 1091-1095 (1971)

MUYLLE, E. und W. OYAERT:

Atrial activation pathways and the P wave in the horse. Zbl. Vet. Med. 22 A, 474-484 (1975)

NAKAMURA, R., K. TOO und A. MATSUHASHI:

Studies on applications of electrocardiograms in horses. Jap. J. Vet. Res. 3, 24-34 (1955)

NICKEL, R., A. SCHUMMER und E. SEIFERLE:

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. III. Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane. Verlag Paul Parey, Berlin & Hamburg (1976)

NIELSEN, K. und G. VIBE-PETERSEN:

Relationship between QRS-duration (heart score) and racing performance in trotters. Equine Vet. J. 12, 81-84 (1980)

NOMURA, S.:

Adaptation of radiotelemetry to equestrian games and horse racing.  
Jap. J. Vet. Sci. 28, 191-203 (1966)

NOERR, J.:

Das Elektrokardiogramm des Pferdes. Seine Aufnahme und Form.  
Inaug. Diss., Berlin (1913)

NOERR, J.:

Ueber die Vorhofschwankung in der Herzstromkurve bei Mitral-  
insuffizienz eines Pferdes.  
Berl. Tierärztl. Wschr. 18, 1-7 (1920)

NOERR, J.:

100 klinische Fälle von Herz- und Pulsarrhythmien beim Pferd.  
Mh. prakt. Tierheilk. 34, 177-232 (1924)

NOERR, J.:

Paroxysmale Tachykardie und partieller Vorhof-Kammerblock  
bei 1 Reitpferd mit Aorteninsuffizienz.  
Arch. wiss. prakt. Tierheilk. 63, 104-119 (1931)

OBEL, N.:

Fysiologiska sympunkter pa det habituella atrioventrikulär-  
blocket hos häst.  
Skand. Vet. Tidskrift 32, 200-209 (1942)

OTT, W.:

Die Bestimmung der Herzfrequenz beim Pferd während der Bewegung  
mittels telemetrischer Untersuchungsmethoden.  
Mh. Vet. Med. 21, 378-382 (1966)

PERSSON, S.:

On blood volume and working capacity in horses.  
Acta Vet. Scand. 19 Suppl., 1-189 (1967)

PERSSON, S.:

Blood volume, state of training and working capacity of race horses.  
Equine Vet. J. 1, 52-64 (1968)

REINDELL, H., K. KOENIG und H. ROSKAMM:

Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens.  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1967)

REINDELL, H., H. ROSKAMM, W. DRAEGERT und G. CSAPO:

Das EKG des Hochleistungssportlers.  
In: Reindell, H. und H. Roskamm: Herzkrankheiten.  
Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York (1977)

REINHARD, H.J. und M. ZICHNER:

Die Auswertung telemetrisch gewonnener Belastungs-Elektrokardio-  
gramme beim Pferd mit Hilfe einer elektronischen Rechenanlage.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 77, 211-217 (1970)

- ROSE, R.J., J.E. ILKIW und D. HODGSON:  
Electrocardiography, heart score and haematology of horses competing in an endurance ride.  
Austr. Vet. J. 55, 247-250 (1979)
- ROSE, R.J., J.W. BACKHOUSE und J.E. ILKIW:  
Electrocardiography and haematology of horses competing in a three-day event.  
Austr. Vet. J. 56, 318-320 (1980)
- SASSE, H.H.L.:  
Lungenfunktionsprüfung beim Pferd.  
tierärztl. prax. 1, 49-59 (1973)
- SCHAECKE, G.:  
Kreislauf-Telemetrie im Vorfeld der Klinik.  
Kurzmonographien Sandoz Nr. 23, Sandoz AG, Nürnberg (1978)
- SCHAUB, F.A.:  
Grundriss der klinischen Elektrokardiographie.  
Documenta Geigy, CIBA-GEIGY AG, Basel (1976)
- SCHEUNERT, A. und A. TRAUTMANN:  
Lehrbuch der Veterinär-Physiologie.  
Verlag Paul Parey, Berlin/Hamburg (1976)
- SCHLIMPFERT, R.:  
Form, Spannungs- und Zeitwerte der 3 Ableitungen des normalen Elektrokardiogramms beim Pferde und seine Deutung.  
Inaug. Diss., Leipzig (1940)
- SCHMIDT, R.F. und G. THEWS:  
Physiologie des Menschen.  
Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York (1980)
- SENTA, T., D.L. SMETZER und C.R. SMITH:  
Effects of exercise on certain electrocardiographic parameters and cardiac arrhythmias in the horse. A radiotelemetric study.  
Cornell Vet. 60, 552-569 (1970)
- SENTA, T., K. KUBO, K. KIRYU, A. AMADA, O. WATANABE und Y. TAYA:  
A case report on ventricular paroxysmal tachycardia (permanent type) in a thoroughbred colt.  
Exp. Rep. Equine Hlth. Lab. 8, 61-71 (1971)
- SPOERRI, H.:  
Der Einfluss der Tuberkulose auf das EKG, Untersuchungen an Meerschweinchen und Rindern.  
Arch. wiss. prakt. Tierheilk. 79, 1-57 (1944)
- SPOERRI, H. und W. LEEHMANN:  
Die Beurteilung der Herzkraft bei kranken Tieren durch das Elektrokardiogramm.  
Schweiz. Arch. Tierheilk. 88, 113-133 (1946)

SPOERRI, H.:

Formveränderungen des Pferde-Elektrokardiogrammes.  
Rep. 14. Int. Vet. Congress, London (1949)

SPOERRI, H.:

Ueber die Genese und klinische Bedeutung des partiellen  
Herzblockes beim Pferd.  
Schweiz. Arch. Tierheilk. 94, 337-346 (1952)

SPOERRI, H.:

Untersuchungen über die Systolen- und Diastolendauer des Herzens  
bei den verschiedenen Haustierarten und ihre Bedeutung für die  
Klinik und Beurteilungslehre.  
Schweiz. Arch. Tierheilk. 96, 593-604 (1954)

SPOERRI, H. und H. STUENZI:

Pathophysiologie der Haustiere.  
Verlag Paul Parey, Berlin/Hamburg (1969)

SPOERRI, H.:

Elektrokardiographie.  
Grundlagen der Elektrokardiographie 1/2/3.  
tierärztl. prax. 3, 1-6/139-147/263-269 (1975)

STANEK, K.A., F.J. NAGLE, G.E. BISGARD und W.C. BYRNES:

Effect of hyperoxia on oxygen consumption in exercising ponies.  
J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol. 46,  
1115-1118 (1979)

STEEL, J.D.:

The equine electrocardiogram with particular reference to  
certain anaesthetic agents.  
Rep. 14. Int. Vet. Congress, London (1949)

STEEL, J.D.:

Studies on the electrocardiogram of the racehorse.  
Austr. Med. Publ. Co. Ltd., Sidney/Australia (1963)

STEEL, J.D., M.C. HALL und G.A. STEWART:

Cardiac monitoring during exercise tests in the horse.  
3. Changes in the electrocardiogram during and after exercise.  
Austr. Vet. J. 52, 6-10 (1976)

STUART, R.J. und M.H. ELLESTAD:

Upsloping ST-segment in exercise stress testing. 6 year follow-up  
study of 438 patients and correlation with 248 angiograms.  
Am. J. Cardiol. 37, 19-22 (1976)

THOMAS, D.P., G.F. FREGIN, N.H. GERBER und N.B. AILES:

Cardiovascular, respiratory and metabolic adjustments to  
swimming and treadmill exercise in the horse.  
Proc. Ann. Conv. Am. Ass. Equine Pract. 25, 380 (1979)

- THOMAS, D.P., G.F. FREGIN, N.H. GERBER und N.B. AILES:  
Cardiorespiratory adjustments to tethered-swimming in the horse.  
Pflügers Arch. Europ. J. Physiol. 385, 65-70 (1980)
- THOMAS, D.P. und G.F. FREGIN:  
Cardiorespiratory and metabolic responses to treadmill exercise  
in the horse.  
J. Appl. Physiol. 50, 864-868 (1981)
- TOO, K.:  
Abnormal electrocardiograms in the horse.  
Jap. J. Vet. Res. 8, 29-34 (1960)
- TSCHERMAK, A. v.:  
Die Lehre von den bioelektrischen Strömen.  
In: Ellenberger-Scheunert: Lehrbuch der vergleichenden Physiologie  
der Haussäugetiere (1910)  
Zitiert nach: Kahn, R.H.: Das Pferde-Ekg. Pflüg. Arch. 154, 1-15 (1913)
- TSCHUDI, P.:  
Referenzwerte für das Elektrokardiogramm von erwachsenen Warmblut-  
pferden (Bipolare Brustwandableitungen nach Spörri).  
Schweiz. Arch. Tierheilk. 120, 81-88 (1978)
- WAUGH, S.L., G.F. FREGIN, D.P. THOMAS, N. GERBER, B.D. GRANT und  
K.B. CAMPBELL:  
Electromagnetic measurement of cardiac output during  
exercise in the horse.  
Am. J. Vet. Res. 41, 812-815 (1980)
- WHITE, N.A. und E.A. RHODE:  
Correlation of electrocardiographic findings to clinical  
disease in the horse.  
J. Am. Vet. M. A. 164, 46-56 (1974)
- WILSON, F.N., F.D. JOHNSTON, A.G. MACLEOD und P.S. BARKER:  
Am. Heart J. 9, 447 (1934)  
Zitiert nach: Schaub, F.A.: Grundriss der klinischen Elektro-  
kardiographie. Documenta Geigy, Basel (1976)
- WITTKKE, G. und A. BAYER:  
Die Herzfrequenz von Pferden bei Vielseitigkeitsprüfungen.  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 81, 389-392 (1968)
- ZELLER, R.:  
Elektrokardiographische Untersuchungen bei dämpfigen Pferden.  
Zbl. Vet. Med. 7, 169-172 (1960)
- ZEROBIN, K. und W. LEEMANN:  
Chinidinbehandlung beim Vorhofflimmern von Pferd und Rind.  
Schweiz. Arch. Tierheilk. 107, 435-456 (1965)
- ZEIL, W.J. v.:  
The electrocardiogram of the normal horse using the technique  
of Einthoven and Wilson.  
Tijdschr. Dierg. 76, 85-96 (1951)

An dieser Stelle möchte ich herzlich danken

- Herrn Prof. Dr. Dr. Clive C. Kuenzle und Herrn Prof. Dr. E. Jenny für die Uebernahme von Referat und Korreferat
- Herrn Dr. R. Beglinger für die Auswahl des Themas und für die Korrektur des Manuskriptes
- Herrn Dr. E. Eggenberger für die Unterstützung bei der Lösung der statistischen Probleme
- Frau S. Pletscher für die tatkräftige Mithilfe bei der Anfertigung der grafischen Arbeiten



## CURRICULUM VITAE

Am 4. November 1948 wurde ich in Winterthur geboren. Nach dem Besuch der Primar- und Sekundarschule in meiner Geburtsstadt trat ich in die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Abteilung der Kantonsschule Winterthur ein, wo ich im Herbst 1968 das Maturitätszeugnis Typus C erwarb. Im selben Jahr immatrikulierte ich mich an der Veterinär-Medizinischen Fakultät der Universität Zürich und im Mai 1974 legte ich an der Zürcher Fakultät das Staatsexamen als Tierärztin ab. Nach einer Postgraduate-Ausbildung in der Pharmazeutischen Industrie war ich vom Herbst 1977 bis zum Herbst 1981 als Assistentin am Institut für Veterinär-Physiologie der Universität Zürich angestellt, wo ich nach einem Unterbruch von fünf Monaten erneut tätig bin.





